



Instituto Superior de  
**Engenharia** do Porto

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL – CONSTRUÇÕES

**RELAÇÃO ENTRE O  
REGULAMENTO DE DESEMPENHO  
ENERGÉTICO DE EDIFÍCIOS DE  
HABITAÇÃO COM O CONCEITO  
DE EDIFÍCIO COM NECESSIDADES  
QUASE NULAS DE ENERGIA**

Rui Nunes Coutinho

Orientador: Eng<sup>a</sup> Eunice Vilaverde Fontão

Outubro 2014



## Resumo

Este trabalho teve como objetivo principal relacionar a aplicação do Regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação com o conceito de habitação com necessidades quase nulas de energia.

O trabalho começa por fazer uma comparação entre a metodologia geral do regulamento que vigora de momento e o seu predecessor de modo a perceber as alterações teóricas que estão subjacentes durante o processo de adaptação.

É feito um estudo sobre os edifícios com necessidades quase nulas de energia e de várias estratégias passivas de serem utilizadas em edifícios capazes de conduzir à obtenção deste título.

Por fim, realizou-se a aplicação do regulamento em vigor a um caso real e um estudo sobre efeito do aumento da área dos envidraçados tendo em conta a sua orientação, com o objetivo de aumentar a eficiência energética.

### **Palavras-chave:**

REH, N-ZEB, Energia, Sustentabilidade, Adaptação

## **Abstract**

This project has the aim to relate the application of the Regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação with the concept of Near zero energy building.

The project begins making a comparison of the general methodology between both regulations in order to understand the theoretical alterations that are underlined during the adaptation process.

In addition, a study about near zero energy buildings is made and various strategies capable of leading to the acquisition of this title in a residential building.

Finally, it is made an application of the existing regulation to a real scenario and a study about the effect of the increase of the area glazed surface, taking into account their orientation, with the objective of energetic efficiency.

### **Key-words**

REH, N-ZEB, Energy, Sustainability, Adaptation

## Siglas

ADENE – Agência para a energia

AQS – Águas Quentes Sanitárias

DGEG - Direção Geral de Minas e Geologia

EPBD - Energy Performance of Buildings Directive

N-ZEB – Near-Zero Energy Building

REH - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RSECE - Regulamento dos Sistemas de Energia e de Climatização de Edifícios

SCE - Sistema de Certificação de Energia

ZEB – Zero Energy Building

## Símbolos

$A$  – Área do elemento da envolvente opaca exterior, RCCTE

$A$  – Área interior do elemento da envolvente

$A$  – Área total do vão envidraçado incluindo vidro e caixilho, RCCTE

$A_i$  – Área do pavimento em contacto com o solo

$A_{op}$  – Área do elemento da envolvente opaca exterior, REH

$A_p$  – Área útil de pavimento

$A_{s,inj}$  – Área efetiva coletora de radiação solar do envidraçado, REH

$A_{snj}$  – Área efetiva coletora de radiação solar do envidraçado, RCCTE

$A_w$  – Área total do vão envidraçado incluindo vidro e caixilho, REH

$B_j$  – Desenvolvimento linear de ponte térmica linear

$B_j$  – Desenvolvimento total da parede em contacto com o solo, REH

$b_{tr}$  – Coeficiente de redução de perdas, REH

$E_{ren,p}$  – Energia produzida a partir de fontes de origem renovável

$f_{a,k}$  – Parcela das necessidades de energia útil para arrefecimento supridas pelo sistema

$f_{eh}$  – Fator de eficiência hídrica

$FF$  – Fator de Forma

$F_g$  – Fração envidraçada do vão envidraçado

$f_{i,k}$  – Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento supridas pelo sistema

$F_{mv}$  – Fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar se encontram 100% ativos.

$F_{pu,j}$  – Fator de conversão de energia útil para energia primária

$F_{pu,v}$  – Fator de conversão de energia útil para energia primária

$F_s$  – Fator de obstrução do vão envidraçado, RCCTE

$F_{s,inj}$  – Fator de obstrução do vão envidraçado, REH

$f_{v,k}$  – Parcela das necessidades de energia útil para preparação de AQS supridas pelo sistema

$F_w$  – Fator de correção devido à variação das propriedades do vidro com o ângulo de incidência da radiação solar

$F_{w,i}$  – Fator solar do envidraçado

$g_{\perp}, g_i$  – Fator solar de inverno

$g_{\perp}, g_v$  – Fator solar do envidraçado

$g_{\perp}, g_{vi}$  – Fator de seletividade angular

GD – Numero de graus-dia aquecimento´

$G_{solj}$  – Energia solar média incidente numa superfície, durante toda a estação de arrefecimento, REH

$G_{sul}$  – Valor médio mensal de energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a Sul.

$g_t$  – fator solar do envidraçado com os dispositivos de proteção solar 100% ativos

$g_{Tp}$  - fator solar do envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes existentes

$H_{adj}$  – Transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com edifícios adjacentes

$H_{ecs}$  – Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo, REH

$H_{enu}$  – Transferência superficial de calor através de elementos da envolvente em contacto com espaços não uteis, REH

$H_{ext}$  – Transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com o exterior, REH

$I_{rj}$  – Energia solar média incidente numa superfície, durante toda a estação de arrefecimento, RCCTE

$L_{pe}$  – Perdas unitárias de calor de elementos em contacto com o solo

$L_v$  – Duração da estação de arrefecimento – 2928 horas

$M$  – Duração media da estação convencional de aquecimento

$MAQS$  – Consumo médio diário de referência

$N_a$  – Valor máximo de referencia para as necessidades nominais de energia útil para preparação de AQS

$n_d$  – numero anual de dias de consumo de AQS

$N_i$  - Valor máximo para as necessidades nominais de energia útil para aquecimento

$N_t$  – Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia primária



$N_v$  – Valor máximo para as necessidades nominais de energia útil para arrefecimento

$P_d$  – Pé direito médio da fração

$P_j$  – Desenvolvimento total da parede em contacto com o solo, RCCTE

$Q_a$  – Energia útil necessária para preparação de AQS durante um ano

$Q_{ext}$  – Transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com o exterior, RCCTE

$Q_g$  - Ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento, RCCTE

$Q_{g-}$  Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento, RCCTE

$Q_{g,i}$  – Ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento, REH

$Q_{g,v}$  – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento, REH

$Q_{g,vref}$  – Ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento

$Q_{gu}$  – ganhos térmicos que são uteis para a habitação através dos vãos envidraçados, iluminação, equipamentos e ocupantes e envolvente opaca, REH

$Q_{gu,i}$  – ganhos térmicos que são uteis para a habitação através dos vãos envidraçados, iluminação, equipamentos e ocupantes, RCCTE

$Q_{gu,i_{ref}}$  – Ganhos de calor uteis na estação de aquecimento

$Q_i$  - Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor na estação de arrefecimento, RCCTE

$Q_i$  – Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor na estação de aquecimento, RCCTE

$q_i$  – Ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície, RCCTE

$q_{int}$  – Ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície, REH

$Q_{int,i}$  – Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor na estação de aquecimento, REH

$Q_{int,v}$  - Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor na estação de arrefecimento, REH

$Q_{lna}$  – Transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com espaços não uteis, RCCTE

$Q_{pe}$  – Transferência de calor através de elementos em contacto com o solo, RCCTE

$Q_{pt}$  – Transferência de calor através de pontes térmicas lineares

$Q_{tr}$  - transferências térmicas através da envolvente dos edifícios, REH

$Q_{tr,i}$  - transferências térmicas através da envolvente dos edifícios, RCCTE

$Q_{tr,i_{ref}}$  – Transferência de calor por transmissão através da envolvente de referência na estação de aquecimento.

$Q_v$  - Transferências de calor por renovação do ar, RCCTE

$Q_{ve}$  - Transferências de calor por renovação do ar, REH

$Q_{ve,i_{ref}}$  – Transferência de calor por ventilação de referência na estação de aquecimento.

$R_{ph}$  – Taxa nominal horaria de renovações do ar interior

$R_{se}$  – Resistência térmica superficial exterior –  $0,04 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

$U$  – Coeficiente de transmissão térmica superficial do elemento

$U_{bf}$  – Coeficiente de transmissão térmica do pavimento enterrado

$U_{bwj}$  – Coeficiente de transmissão térmica da parede em contacto com o solo

$W_{vm}$  – Energia necessária ao funcionamento dos ventiladores

$X_j$  – Fator de orientação consoante as diversas exposições

$Z_j$  – Profundidade média enterrada da parede em contacto com o solo

$\alpha$  – Coeficiente de absorção de radiação solar da superfície do elemento da envolvente opaca

$\Delta T$  – Aumento de temperatura necessário para preparação das AQS

$\eta$  – Fator de utilização dos ganhos térmicos, RCCTE

$\eta_i$  – Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de aquecimento, REH

$\eta_v$  – Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento, REH

$\eta_{vref}$  – fator de utilização de ganhos de referencia

$\tau$  – Coeficiente de redução de perdas, RCCTE

$\psi_j$  – Coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica linear



# Índice

Resumo .....	III
Abstract .....	IV
Siglas.....	V
Símbolos .....	VI
Índice .....	XIII
Índice de Tabelas .....	XVII
Índice de Figuras .....	XX
<b>Capítulo 1 - Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1 - Enquadramento .....	1
1.2 – Objetivo.....	2
1.3 – Estrutura da dissertação .....	3
<b>Capítulo 2 – Comparação da metodologia de cálculo do RCCTE com o REH.....</b>	<b>5</b>
2.1 – Introdução .....	5
2.2 – Zonamento climático.....	11
2.2.1 – Zonamento de Inverno.....	11
2.2.2 – Zonamento de Verão.....	13
2.3 – Coeficientes de referência para elementos opacos .....	14
2.3.1 – Coeficientes de transmissão térmica superficial de referência .....	15
2.4 – Necessidades nominais de energia útil na estação de aquecimento.....	17

2.4.1 – Cálculo das transferências térmicas através da envolvente dos edifícios. .	18
2.4.2 – Transferência de calor através da ventilação.....	23
2.4.3 – Ganhos térmicos úteis.....	24
2.5 – Necessidades nominais de energia útil na estação de arrefecimento. ....	28
2.5.1 – Calculo dos ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento .....	29
2.6 – Necessidades de energia para preparação de águas quentes sanitárias. ....	34
2.7 Necessidades nominais de energia primária. ....	35
<b>Capítulo 3 – Sustentabilidade energética na construção .....</b>	<b>41</b>
3.1 – Introdução .....	41
3.2 – Edifício com necessidades nulas de energia.....	45
3.2.1 – Definição edifício com necessidades quase nulas de energia em Portugal. 47	
3.2.2 – Práticas para obter um edifício com necessidades nulas de energia .....	48
3.2.2.1 – Integração.....	49
3.2.2.2 – Estratégia .....	53
3.2.2.3 – Tecnologia .....	68
3.2.2.4 – Sistemas.....	71
<b>Capítulo 4 – Caso de estudo .....</b>	<b>75</b>
4.1 – Introdução .....	75
4.2 - Descrição da habitação em estudo .....	76
4.3 – Levantamento e cálculo de parâmetros .....	80
4.3.1 – Levantamento dimensional .....	80

4.3.2 – Dados climáticos.....	82
4.3.3 – Quantificação de parâmetros térmicos .....	83
4.3.4 – Sistemas técnicos .....	103
4.4 – Estudo e avaliação de alternativas ao edifício .....	105
4.4.1 – Caso 1 – Edifício base.....	106
4.4.2 – Caso 2 - Fachada principal voltada a Sul .....	106
4.4.3 – Caso 3 - Criação de um envidraçado com orientação Sul .....	107
4.4.4 – Caso 4 – Aumento da área de envidraçados com orientação Sul .....	107
4.4.5 – Caso 5 – Aumento máximo da área de envidraçados voltados a Sul .....	109
4.5 – Resumo de resultados obtidos .....	110
<b>Capítulo 5 - Conclusão .....</b>	<b>115</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>121</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>124</b>
<b>Anexo A - Representação 3D da habitação.....</b>	<b>125</b>
<b>Anexo B - Relatório do SolTerm .....</b>	<b>131</b>
<b>Anexo C - Folha de cálculo de ventilação.....</b>	<b>135</b>
<b>Anexo D - Folhas de Cálculo do REH para o Caso 1.....</b>	<b>139</b>
<b>Anexo E - Folhas de Cálculo do REH para o Caso 2.....</b>	<b>171</b>
<b>Anexo F - Folhas de Cálculo do REH para o Caso 3.....</b>	<b>201</b>
<b>Anexo G - Folhas de Cálculo do REH para o Caso 4 .....</b>	<b>233</b>
<b>Anexo H - Folhas de Cálculo do REH para o Caso 5.....</b>	<b>266</b>

Anexo I – Plantas da habitação.....	299
Anexo J – Planta de Loteamento .....	303



## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Comparação da influência da altitude sobre o zonamento climático de Inverno em Portugal Continental.....	12
Tabela 2 - Comparação da influência da altitude sobre o zonamento climático de Inverno nas Regiões Autónomas.....	13
Tabela 3 - Influencia da altitude no zonamento de Verão em Portugal Continental....	14
Tabela 4 - Comparação da influência da altitude no zonamento de Verão nas regiões autonomas.....	14
Tabela 5 - Comparação entre os coeficientes de transmissão térmica de referência de elementos opacos e vãos envidraçados.....	15
Tabela 6 - Formula geral para a obtenção das necessidades anuais de energia útil para aquecimento.....	17
Tabela 7 - Formula de cálculo das perdas calorificas efetuadas através da envolvente	18
Tabela 8 - Formula de cálculo da transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com o exterior .....	19
Tabela 9 - Comparação intermédia das fórmulas de cálculo das transferências de calor através da envolvente.....	20
Tabela 10 - Formula de calculo das transferências de calor através de elementos da envolvente em contacto com espaços não uteis.....	20
Tabela 11 - Comparação intermédia das fórmulas de cálculo das transferências de calor através de elementos da envolvente em contacto com espaços não uteis.....	21
Tabela 12 - Formula de cálculo das transferências de calor através de elementos em contacto com o solo.....	21
Tabela 13 - Formula de cálculo das transferências de calor através dos elementos da envolvente em contacto com edifícios adjacentes.....	22

Tabela 14 - Formula de cálculo das transferências de calor através da ventilação .....	23
Tabela 15 - Valores mínimos de Rph .....	23
Tabela 16 - Formula de cálculo dos ganhos térmicos uteis .....	24
Tabela 17 – Formula de cálculo dos ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento .....	25
Tabela 18 – Formulas de cálculo dos ganhos térmicos provenientes do aproveitamento da radiação solar pelos envidraçados.....	25
Tabela 19 – Diferenças entre a determinação do fator solar de inverno de envidraçados .....	26
Tabela 20 - Formula de cálculo para os valores máximos das necessidades energéticas de inverno, Ni.....	27
Tabela 21 - Formula de cálculo das necessidades nominais de energia útil na estação de arrefecimento .....	28
Tabela 22 - Formula de cálculo dos ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento .....	29
Tabela 23 - Formula de cálculo ganhos térmicos internos.....	29
Tabela 24 - Formula de cálculo dos ganhos térmicos associados à radiação incidente na envolvente exterior opaca envidraçada .....	30
Tabela 25 - Formula de cálculo das áreas efetivas coletoras de radiação solar .....	31
Tabela 26 - Formula de cálculo do fator solar do envidraçado .....	31
Tabela 27 - Formula de cálculo para os valores máximos das necessidades energéticas no verão, Nv .....	33
Tabela 28- Formula de cálculo da energia necessária para preparar AQS.....	34
Tabela 29 - Formula de cálculo das necessidades nominais de energia primária .....	35
Tabela 30 - Fatores de conversão de energia útil para energia final.....	37

Tabela 31 - Formula de cálculo para os valores máximos das necessidades nominais anuais energéticas $N_t$ .....	38
Tabela 32 - Área útil de pavimento.....	80
Tabela 33 - Área de envidraçados .....	81
Tabela 34 - Área de paredes exteriores e paredes para ENU. ....	82
Tabela 35 - Coeficiente de redução de perdas btr. ....	84
Tabela 36 - Valores dos coeficientes de transmissão térmica de referência adotados na habitação .....	86
Tabela 37 - Valores por defeito para os coeficientes de transmissão térmica lineares. .	89
Tabela 38 - Fatores solares dos vãos envidraçados na estação de arrefecimento .....	95
Tabela 39 - Fatores solares dos envidraçados do Rés-do-chão a Este.....	97
Tabela 40 - Fatores solares dos envidraçados do Rés-do-chão a Oeste.....	99
Tabela 41 - Fatores solares dos envidraçados do 1ºandar a Este .....	100
Tabela 42 - Fatores solares dos envidraçados do 1ºandar a Oeste .....	101
Tabela 43 - Fatores solares dos envidraçados do 1ºandar a Sul .....	102
Tabela 44 - Valores de RPH obtidos .....	105
Tabela 45 - Valores dos ganhos na estação de aquecimento para cada caso proposto. .	110
Tabela 46 - Valores de ganhos na estação de arrefecimento para cada caso proposto. .	111
Tabela 47 - Valores de $N_{ic}$ para cada caso proposto .....	111
Tabela 48 - Valores de $N_{vc}$ para cada caso proposto.....	111
Tabela 49 - Valores de $N_{tc}$ para cada caso proposto .....	112
Tabela 50 - Comparação entre a correção da fórmula de cálculo dos ganhos térmicos brutos de referência e as suas repercussões .....	113
Tabela 51 - Comparação entre reorientação da fachada e criação de envidraçados.....	119

## Índice de Figuras

Figura 1 - Cronograma da evolução da legislação da certificação energética em Portugal .....	10
Figura 2 - Zonas climáticas de inverno segundo o RCCTE e o REH.....	11
Figura 3 - Zonas climáticas de Verão segundo o RCCTE e o REH .....	13
Figura 4 - Comparação entre elementos tomando os valores de referência segundo os regulamentos.....	16
Figura 5 - Consumo no setor doméstico (tep) e peso (%) do consumo do sector doméstico final de energia (1989 - 2009). Fonte: Balanço Energético DGEG .....	42
Figura 6 - Consumo de energia no alojamento por tipo de energia (1989 - 1996 - 2010). Fonte: INE/DGEG - Inquérito ao consumo de energia no sector domestico. ....	42
Figura 7 - Distribuição do consumo de energia no alojamento por tipo de uso. Fonte: INE/DGEG - Inquérito ao consumo de energia no sector domestico. ....	43
Figura 8 - Distribuição do consumo de energia no alojamento, por tipo de uso e combustível. Fonte: INE/DGEG - Inquérito ao consumo de energia no sector domestico. .....	43
Figura 9 - Esquema ilustrativo do conceito de um edifício com necessidades quase nulas de energia.....	45
Figura 10 - Representação gráfica exemplificativa dos diferentes tipos de edifícios (ZEB) .....	46
Figura 11 - Ilustração da definição nacional de N-ZEB .....	47
Figura 12 – Os diferentes modos de atuação para se obter um N-ZEB.....	48
Figura 13 - Esquema da incidência das radiações solares.....	50
Figura 14 – Exemplo de habitações com a mesma área e FF distintos .....	51

Figura 15 - Correta utilização de um sistema de ventilação natural face aos ventos dominantes.....	52
Figura 16 – Utilização de árvores de folha caduca no quadrante Sul. ....	53
Figura 17 - Esquema de funcionamento de uma claraboia .....	54
Figura 18 - Esquema de funcionamento de uma parede acumuladora.....	55
Figura 19 - Esquema de funcionamento de uma parede dinâmica.....	56
Figura 20 - Esquemas funcionamento de: 1 – Parede de trombe com efeito de estufa durante o dia de inverno 2 – Parede de trombe com efeito de estufa durante a noite de verão 3 – Parede de trombe usada como um meio de ventilação .....	57
Figura 21 - Esquema de funcionamento de uma parede de água.....	58
Figura 22 - Esquema de funcionamento de uma cobertura de água. ....	59
Figura 23 - Esquema de funcionamento de um sistema indireto pelo pavimento. ....	60
Figura 24 - Esquema de funcionamento de uma estufa.....	61
Figura 25 - Esquema de funcionamento de um termossifão. ....	62
Figura 26 - Esquema de funcionamento do Sistema Barra-Constantini .....	63
Figura 27 - Esquema de funcionamento de ventilação cruzada.....	64
Figura 28 - Esquemas de funcionamento de ventilação por estratificação.....	65
Figura 29 - Esquema de funcionamento de uma camara solar. ....	66
Figura 30 - Esquema de funcionamento de um aspirador estático. ....	66
Figura 31 - Esquema de funcionamento de uma torre de vento.....	67
Figura 32 - Esquema de funcionamento de uma construção enterrada. ....	68
Figura 33 - Comparação entre soluções construtivas de paredes exteriores.....	69
Figura 34 - Representação do aproveitamento solar do envidraçado em Dezembro com e sem pala de sombreamento.....	70

Figura 35 - Representação do aproveitamento solar do envidraçado em Agosto com e sem pala de sombreamento.....	70
Figura 36 - Representação do aproveitamento solar do envidraçado com um sistema de proteção em Agosto e Dezembro respetivamente.....	71
Figura 37 – Eficiência das opções comerciais de iluminações (Philips Brasil).....	72
Figura 38 - Implantação da habitação; Fonte: Google Earth; Coordenadas GPS: 41.210007, -8.629615.....	76
Figura 39 - Planta da Cave.....	77
Figura 40 - Planta do rés-do-chão e 1º piso respetivamente. ....	78
Figura 41 - Alçado Nascente. ....	79
Figura 42 - Alçado Poente .....	79
Figura 43- Áreas para o cálculo de $A_i$ e $A_u$ na garagem, respetivamente. ....	83
Figura 44 - Áreas para o cálculo de $A_i$ e $A_u$ na lavandaria, respetivamente.....	84
Figura 45 - Delineação das envolventes na Cave e rés-do-chão.....	85
Figura 46 - Delineação das envolventes no 1º andar.....	85
Figura 47 - Exemplo de uma parede exterior com $U$ de referência.....	87
Figura 48 - Exemplo de uma laje de pavimento em contato com $U$ de referência.....	87
Figura 49 - Exemplo de uma laje de cobertura com $U$ de referência.....	88
Figura 50 - Ponte térmica linear de fachada com pavimento térreo.....	89
Figura 51 – Ponte térmica linear de fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido.....	90
Figura 52 - Ponte térmica linear de Fachada com cobertura. ....	90
Figura 53 - Ponte térmica linear de fachada com pavimento de nível intermédio. ....	91
Figura 54 - Ponte térmica linear de paredes verticais em angulo saliente.....	91
Figura 55 - Ponte térmica linear de fachada com caixilharia. ....	92

Figura 56 - Ponte térmica linear de fachada com caixa de estores.....	92
Figura 57 - Ponte térmica linear de parede de lavanderia com pavimento. ....	93
Figura 58 - Envidraçados do Rés-do-chão a Este.....	97
Figura 59 - Representação dos ângulos para obtenção do fator solar no rés-do-chão a Este.....	97
Figura 60 - Representação do angulo para o cálculo do fator de obstrução do horizonte no rés-do-chão a Este. ....	97
Figura 61 - Envidraçados do Rés-do-chão a Oeste.....	98
Figura 62 - Representação dos ângulos para obtenção do fator solar no Rés-do-chão a Oeste.....	98
Figura 63 - Representação do angulo para o cálculo do fator de obstrução do horizonte no Rés-do-chão a Oeste.....	98
Figura 64 - Envidraçados do 1ºandar a Este .....	99
Figura 65 - Representação dos ângulos para obtenção do fator solar no 1ºandar a Este .....	99
Figura 66 - Representação do angulo para o cálculo do fator de obstrução do horizonte no 1º andar a Este .....	99
Figura 67 - Envidraçados do 1ºandar a Oeste .....	100
Figura 68 - Representação dos ângulos para obtenção do fator solar no 1ºandar a Oeste .....	100
Figura 69 - Representação do angulo para o cálculo do fator de obstrução do horizonte no 1ºandar a Oeste.....	101
Figura 70 - Envidraçados do 1ºandar a Sul .....	101
Figura 71 - Representação dos ângulos para obtenção do fator solar no 1ºandar a Sul .....	102

Figura 72 - Representação do ângulo para o cálculo do fator de obstrução do horizonte no 1º andar a Sul .....	102
Figura 73 - Ângulos das palas verticais subjacentes ao vão opaco exterior .....	103
Figura 74 - Transposição das orientações .....	106
Figura 75 - Esquema ilustrativo do novo vão envidraçado, caso 3.....	107
Figura 76 - Esquema ilustrativo dos novos vãos envidraçados, caso 4. ....	108
Figura 77 - Esquema ilustrativo dos novos vãos envidraçados em planta, caso 4.....	108
Figura 78 - Esquema ilustrativo da área máxima de vãos envidraçados, caso 5.....	109
Figura 79 - Esquema ilustrativo da área máxima de vãos envidraçados, caso 5.....	109
Figura 80 - Representação do intervalo aceitável na classificação energética. ....	117



# Capítulo 1 - Introdução

## 1.1 - Enquadramento

O planeta Terra possui um sistema climatérico composto pela atmosfera, superfície terrestre, organismos vivos e grandes massas de água. A sua evolução está ligada a uma dinâmica interna entre estes componentes assim como a fontes externas das quais se podem destacar as alterações induzidas pelo ser humano na composição atmosférica. Um dos modos de interferir no balanço de radiação do planeta passa pela alteração da quantidade de gases de efeito de estufa que são libertados, originando uma variação no valor da radiação emitida de volta para o espaço por parte do planeta. O efeito de estufa, muitas das vezes considerado como algo de influências negativas por alguns, é estritamente necessário e está constantemente presente num equilíbrio natural, cuja função é manter a sua superfície terrestre quente, o que por sua vez permite o desenvolvimento sustentável da biodiversidade existente (IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007).

Os dois gases mais importantes para a realização deste processo são o vapor de água e o dióxido de carbono, tendo em conta que uma grande parte da atividade humana é responsável pela libertação de ambos para a atmosfera, é lógico que com o seu aumento, as emissões de dióxido de carbono irão aumentar e conseqüentemente este efeito será intensificado, podendo originar alterações climatéricas (IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007).

Dentro das inúmeras atividades realizadas pelo ser humano, o setor da construção possui um destaque de relativa importância uma vez que o seu produto

apresenta consumos energéticos tanto na fase de produção, como na fase de utilização, possuindo esta um período de vida bastante abrangente. Estes consumos podem ser derivados de energias não renováveis mais concretamente de combustíveis fósseis, ou energias renováveis como solar que possui um caráter de aplicação direto ou eólica que possui um caráter de aplicação indireto, dentro de outras fontes. Tendo isto em conta é necessário existir uma utilização responsável destas energias tentando recorrer o máximo à utilização daquelas que não serão responsáveis pela limitação dos recursos naturais do nosso planeta e pela alteração paralela do equilíbrio atmosférico existente.

De modo a controlar e diminuir a energia que é despendida na manutenção do funcionamento dos edifícios sem afetar o conforto dos seus utilizadores, tentando promover uma utilização responsável da energia, surge um conjunto de metodologias responsáveis por estabelecer um padrão aceitável dentro da generalidade da população, independentemente da sua localização dentro do território nacional.

## 1.2 – Objetivo

O objetivo deste trabalho, passa por estudar o estado atual da legislação portuguesa, no que toca a sustentabilidade energética dos edifícios de habitação localizados numa zona de clima moderado (I1 V2), este fato será realizado através de:

- Uma comparação entre a regulamentação utilizada anteriormente e a atual, uma vez que Portugal se encontra em adaptação entre regulamentos, analisando a formulação geral de ambos e tentando perceber quais as principais diferenciações.

- Estudo do conceito de edifício de necessidades quase nulas de energia e tecnologias existentes de modo a se poder aproximar o máximo possível deste com o

intuito de promover um desenvolvimento sustentável, tanto a nível ambiental como económico.

Estudou-se a aplicação do mencionado anteriormente a um caso real e à variação da área de envidraçados de modo a perceber as melhorias nos resultados finais, com o objetivo retirar conclusões sobre o modo mais efetivo de se obterem habitações o mais próximas possível de necessidades quase nulas de energia, uma vez que a partir do ano de 2021, todas as novas habitações terão que possuir esta designação.

### 1.3 – Estrutura da dissertação

A presente dissertação é composta por 5 capítulos.

No Capítulo 2 é feita a comparação entre a metodologia geral do Regulamento das Características do Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH).

No Capítulo 3 é feito um estudo e levantamento do conceito de habitação com necessidades quase nulas de energia e as tecnologias e estratégias de maior relevância de modo a se alcançar esta designação.

No Capítulo 4 é aplicado o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), a um caso real e é ainda feito um estudo sobre os benefícios de uma boa exposição solar para a habitação.

No Capítulo 5 são apresentadas as conclusões gerais extraídas do estudo realizado.



## Capítulo 2 – Comparação da metodologia de cálculo do RCCTE com o REH.

### 2.1 – Introdução

A evolução do ser humano é caracterizada pelo desenvolvimento a nível tecnológico, social, ambiental, cultural, entre outros. No âmbito da construção, esta constante evolução traduz-se, não só numa melhoria de materiais utilizados, como também das técnicas construtivas que são usadas. Surge então a necessidade de atualizar a legislação e regulamentação aplicadas aos edifícios, de forma a se conseguir elevar os padrões dos resultados obtidos.

A complexidade dos problemas relacionados com a sustentabilidade dos edifícios, conduziu à necessidade de criação de medidas capazes de colocar restrições a práticas incorretas no âmbito de desenvolvimento ambientalmente responsável. Anteriormente ao ano de 1990 não existiam, no nosso país, requisitos térmicos para os edifícios de habitação. Com o desenvolvimento de metodologias capazes de serem aplicadas a esta problemática e a par das preocupações ambientais, surge em 1990 o regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios (RCCTE). Este foi o primeiro instrumento legal em Portugal cujo objetivo principal era impor requisitos ao projeto de novos edifícios e remodelações por forma a salvaguardar a satisfação das condições de conforto térmico sem necessidades excessivas de energia, quer no Inverno, quer no Verão.

Em 1998 é criado o regulamento dos sistemas de energia e de climatização de edifícios (RSECE), cujo principal objetivo era o estabelecimento de regras a ter em conta no dimensionamento e instalação dos sistemas energéticos de climatização em edifícios e

as condições a observar de modo que as exigências de conforto térmico e qualidade do ambiente impostas no interior da habitação sejam asseguradas em condições de eficiência energética.

A Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) também conhecida como a Diretiva 2002/91/CE cujos principais objetivos são, a promoção de práticas que regulam a eficiência energética dos edifícios, baixar o consumo de energia e a dimensão das emissões de gases de efeito de estufa. A Diretiva define toda a metodologia a utilizar de modo a serem alcançadas as metas estipuladas por ela e embora fosse necessário o cumprimento das mesmas por todos os estados membros, cabia a cada um deles fazer a transposição para a sua legislação. Em Portugal esta foi feita através de três decretos-lei:

- Decreto-lei – nº78/2006, responsável pela criação do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior (SCE).
- Decreto-lei – nº79/2006, responsável pela criação do Regulamento dos Sistemas de Energia e de Climatização de Edifícios (RSECE).
- Decreto-lei – nº80/2006, responsável pela criação do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

Estes três documentos funcionam conjuntamente, sendo que o SCE tem como objetivos principais economizar energia e garantir o conforto térmico e a qualidade do ar interior nos edifícios. Este processo é gerido por três entidades:

- Agência para a Energia (ADENE);
- Direção Geral de Energia e Geologia;
- Agência Portuguesa para o Ambiente;

De modo a garantir os objetivos propostos pelo Sistema de Certificação de Energia (SCE). O SCE define que os edifícios devem possuir uma classe de desempenho

energético de fácil compreensão sobre a ótica de um utilizador inexperiente e deve ainda identificar medidas sobre as quais se podem incidir esforços de modo a melhorar o mesmo.

O Decreto-lei – nº80/2006 – 04/04/2006, Regulamento das Características do Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE) que estipulou os requisitos de qualidade para os novos edifícios de habitação, servindo de base ao surgimento do despacho nº 11020/2009 (Método de cálculo simplificado para a certificação energética de edifícios existentes no âmbito do RCCTE) e conjuntamente estipulam as metodologias de cálculo a serem utilizadas face a novos edifícios de habitação e os existentes, respetivamente.

A Diretiva 2010/31/CE veio recentemente substituir, modificar e reformular a sua predecessora. Apresenta uma elevação dos padrões utilizados até à altura, estabelecendo requisitos mais elevados de forma a se conseguirem verificar níveis de rentabilidade sob a ótica de custo mínimo ao longo do ciclo de vida.

Os Estados Membros são os responsáveis pela definição dos novos níveis, no entanto, não podem simplesmente manter os antigos, é obrigatório existir uma melhoria.

Um dos passos mais notáveis desta diretiva é a introdução do conceito de edifícios de elevado desempenho energético e conseqüentemente de necessidades quase nulas de energia (N-ZEB – Near Zero Energy Buildings), cujo conceito implica ainda que a maior parte das necessidades energéticas de um edifício devem ser cobertas por energia produzida por fontes renováveis provenientes do local ou das proximidades.

De modo a se conseguir implementar mais facilmente a prática destas novas metodologias, foram previstas a criação de planos nacionais cujo objetivo é incentivar a utilização de práticas que conduzam a N-ZEB, nomeadamente:

- Definição do conceito de N-ZEB e descrição da forma como ele é aplicado;
- Estabelecimento de objetivos intermédios a atingir;

- Disponibilização de informação sobre medidas e políticas financeiras adotadas de modo a incentivar a melhoria do desempenho energético;

O Conselho Europeu estipulou ainda um plano de ação para a eficiência energética (EU-20-20-20) cujos objetivos são que até 2020:

- Reduzir as emissões de gases de efeito de estufa em 20%;
- Utilizar a energia proveniente de fontes renováveis em 20%;
- Aumentar a eficiência energética em 20%.

Uma vez que a Diretiva prevê alterações significativas relativamente ao grau de exigência dos parâmetros utilizados, surgiu a necessidade de se fazer uma revisão do Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE), documento utilizado até à altura como o padrão da metodologia utilizada para se realizar a certificação energética de edifícios. É então criado o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH).

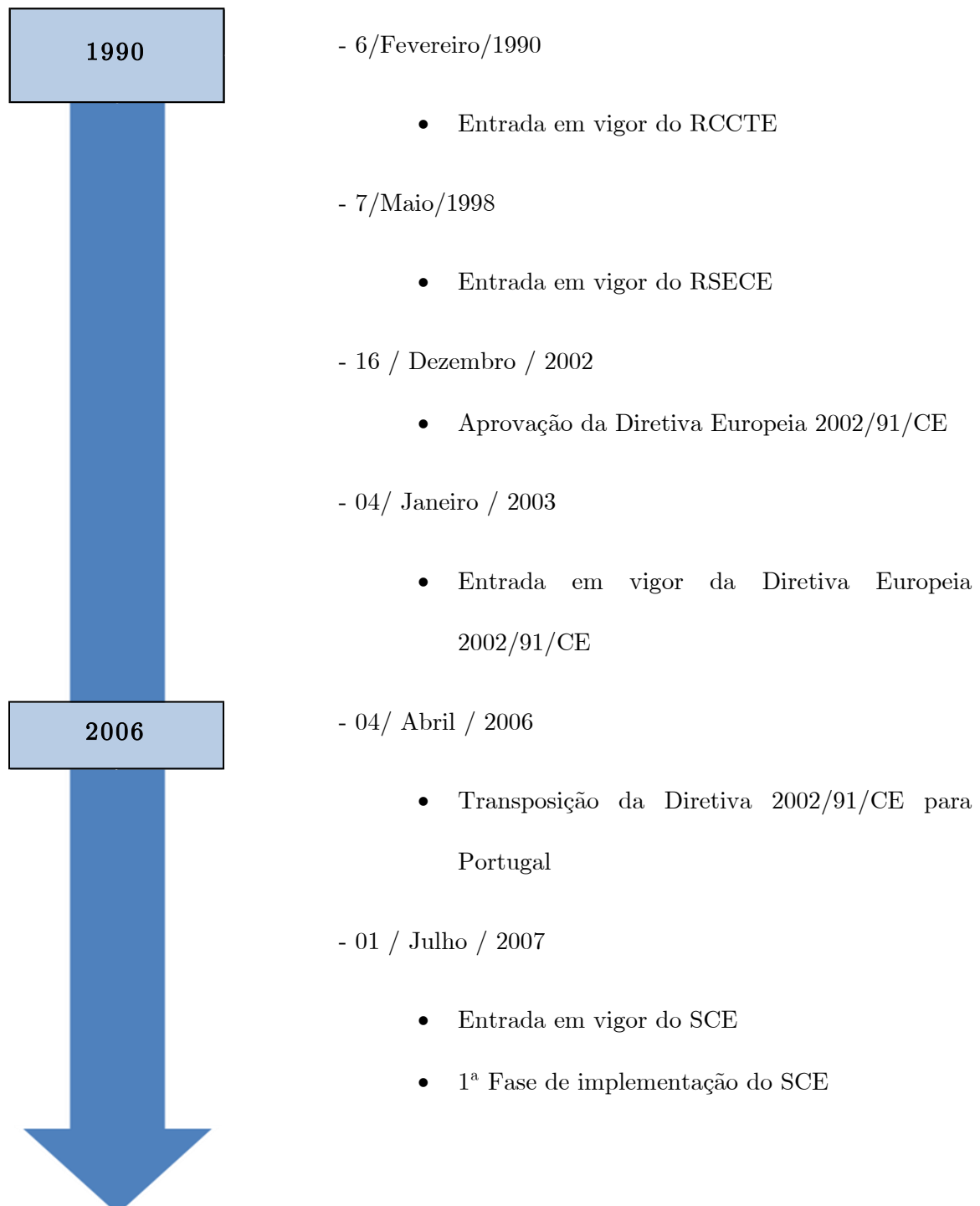
O REH é caracterizado por ser uma junção dos dois regulamentos usados anteriormente, RCCTE e RSECE, adaptando simultaneamente os requisitos estabelecidos pela Diretiva de modo a que exista uma coesão natural de conceitos utilizados, ao mesmo tempo que suscitando a facilidade de interpretação por parte de todos os utilizadores, sejam eles peritos qualificados, ou utilizadores com um entendimento mínimo dos conceitos necessários. Como tal é expectável que existam diferenças entre a aplicação do novo regulamento e o anterior. Estas diferenças poderão ou não afetar determinadas práticas que são consideradas padrão por grande parte dos profissionais.

São as diferenças, de maior dimensão e relevância, que este capítulo irá explorar com o objetivo de compreender o estado atual da metodologia utilizada na certificação



energética de edifícios de habitação e análise da sustentabilidade energética aplicada no sector à construção habitacional.

Na Figura 1 apresenta-se um cronograma com a legislação que foi utilizada em Portugal desde 1990 até hoje.



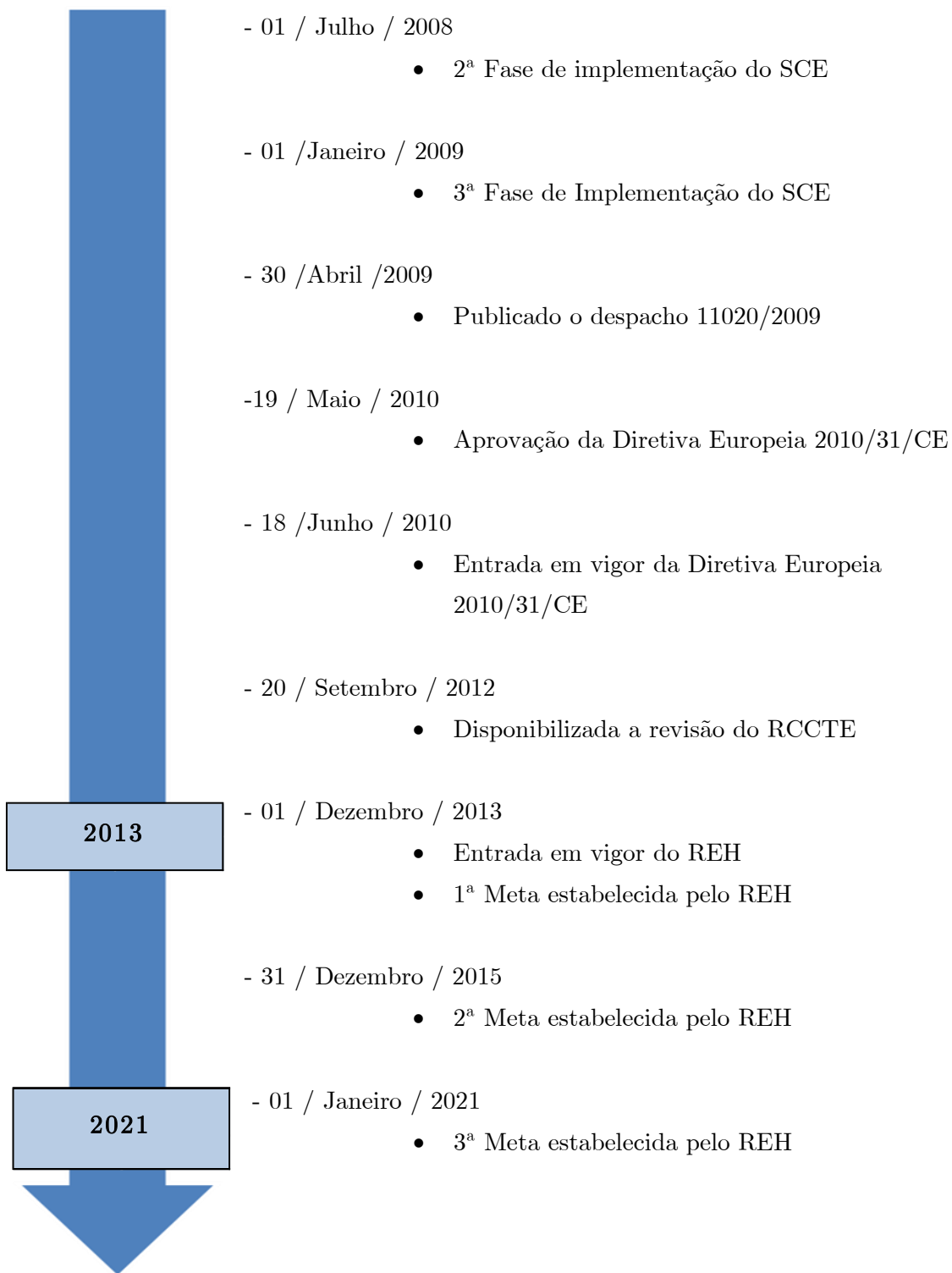


Figura 1 - Cronograma da evolução da legislação da certificação energética em Portugal

## 2.2 – Zonamento climático

Uma vez que todo e qualquer processo de avaliação energética se inicia com a definição da zona na qual a habitação em questão está inserida, é necessário evidenciar, primeiramente, as diferenças entre os zonamentos do mapa de Portugal Continental e regiões autónomas segundo ambos os regulamentos.

Ambos os regulamentos adotam a prática da divisão do país em 3 zonas tanto para a estação de aquecimento ou Inverno (I1,I2,I3), como para a estação de arrefecimento ou Verão (V1,V2,V3). Estas classificações são feitas de modo a distinguir o tipo de clima, sendo que I1 ou V1 implica um clima mais ameno enquanto que I3 ou V3 implica um clima mais agreste.

### 2.2.1 – Zonamento de Inverno

Na Figura 2 são apresentados os mapas utilizados, pelos regulamentos para se realizar a determinação da zona climática de Inverno.

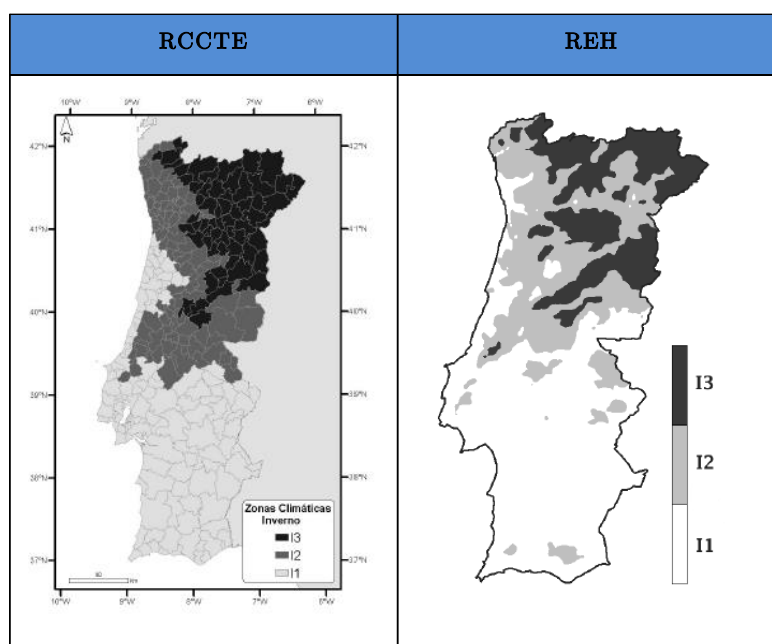


Figura 2 - Zonas climáticas de inverno segundo o RCCTE e o REH

É necessário salientar que existe uma alteração relativamente à base utilizada para definir o zonamento de inverno segundo os graus-dias, sendo que o RCCTE utilizava uma base de 20°C e o REH reduziu esta base para 18°C.

Este zonamento de Inverno sofre ainda alterações, relativamente á altitude a que se encontra o local.

No RCCTE existia um ponto intermedio de altitude para o qual as zonas I1 passariam a ser I2 e apenas posteriormente com uma maior altitude existiria um aumento para I3, enquanto que no REH passando uma determinada altitude todas as zonas serão conduzidas para o zonamento mais intenso (I3).

Tabela 1 - Comparação da influência da altitude sobre o zonamento climático de Inverno em Portugal Continental.

RCCTE			REH		
Zona Climática	Altitude	Nova Zona Climática	Zona Climática	Altitude	Nova Zona Climática
I1	400 m < h < 600 m	I2	I1	h > 600 m	I3
	h > 600 m	I3	I2		
I2	h > 600 m	I3	I3		

O RCCTE possui uma distinção entre a altitude de 400 e 600 metros sendo que é previsto um aumento da zona climática para o I2, no entanto o REH apenas prevê que se a altitude do local for superior a 600 metros, a zona climática será automaticamente I3.

Existem ainda variações nas regiões autónomas sendo que:

Tabela 2 - Comparação da influência da altitude sobre o zonamento climático de Inverno nas Regiões Autónomas.

	RCCTE		REH	
	Altitude	Zona climática	Altitude	Zona climática
Região Autónoma dos Açores	$h < 600$ m	I1	$h < 600$ m	I1
	$600 \text{ m} < h < 1000$ m	I2	$600 \text{ m} < h < 1000$ m	I2
	$h > 1000$ m	I3	$h > 1000$ m	I3
Região Autónoma da Madeira	$h < 800$ m	I1	$h > 1000$ m	I3
	$800 \text{ m} < h < 1100$ m	I2		
	$h > 1100$ m	I3		

### 2.2.2 – Zonamento de Verão

Na Figura 3 são apresentados os mapas utilizados para a identificação da zona climática de Verão.

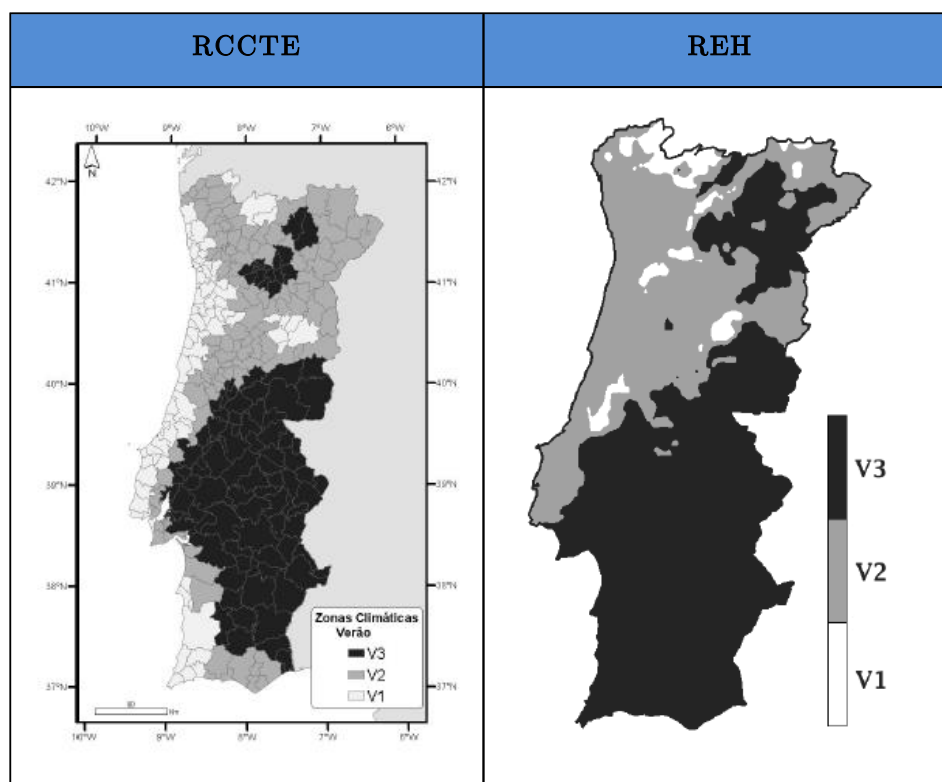


Figura 3 - Zonas climáticas de Verão segundo o RCCTE e o REH

Este zonamento sofre ainda alterações, relativamente à altitude em que o local se encontra, sendo que quanto maior esta for menos intensa será a zona correspondente, como se pode verificar na Tabela 3 e 4.

Tabela 3 - Influencia da altitude no zonamento de Verão em Portugal Continental.

<b>RCCTE e REH</b>	
Altitude	Nova Zona Climática
$600 \text{ m} < h < 800 \text{ m}$	V2
$h > 800 \text{ m}$	V1

Tabela 4 - Comparação da influência da altitude no zonamento de Verão nas regiões autonomas

<b>RCCTE</b>	<b>REH</b>	
Zona Climática	Altitude	Nova Zona Climática
V1	$600 \text{ m} < h < 800$	V2
	$h > 800 \text{ m}$	V1

### 2.3 – Coeficientes de referência para elementos opacos

Existem dois tipos de valores que são mencionados no regulamento, os valores máximos e valores de referência.

Os requisitos máximos indicam os valores a partir dos quais determinado elemento deixa de possuir as características de qualidade necessárias para fazer parte da envolvente. Os valores de referência expressam a qualidade por parte do elemento construtivo em questão.

Com a entrada em vigor do novo regulamento (REH), os valores de referência e os valores máximos sofreram alterações. No entanto, como as alterações referentes aos

valores máximos são relativamente pequenas, apenas aquelas que forma feitas sobre os valores de referência influenciam vários aspetos da classificação energética.

### 2.3.1 – Coeficientes de transmissão térmica superficial de referência

O coeficiente de transmissão térmica caracteriza a quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária desse elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que ele separa. A alteração dos coeficientes de referência irá implicar uma melhoria substancial do elemento opaco em questão, com a repercussão de que irá existir modificações a nível arquitetónico, uma vez que quanto menor for o coeficiente, melhor será o desempenho do elemento, maior poderá ser a espessura do elemento em questão.

Tabela 5 - Comparação entre os coeficientes de transmissão térmica de referência de elementos opacos e vãos envidraçados

<b>Coeficientes de transmissão térmica de referência de elementos opacos e vãos envidraçados, Uref [W/(m².°C)]</b>										
Elemento da envolvente		RCCTE			REH			REH (2015)		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3	I1	I2	I3
Elementos exteriores em zona corrente	Elementos opacos verticais	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,35	0,4	0,35	0,3
		<b>Melhoria -&gt;</b>			29%	33%	30%	43%	42%	40%
	Elementos opacos horizontais	0,5	0,45	0,4	0,4	0,35	0,3	0,35	0,3	0,25
		<b>Melhoria -&gt;</b>			20%	22%	25%	30%	33%	38%
Elementos interiores em zona corrente	Elementos opacos verticais	1,4	1,2	1	1	0,8	0,7	0,8	0,7	0,6
		<b>Melhoria -&gt;</b>			29%	33%	30%	43%	42%	40%
	Elementos opacos horizontais	1	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,7	0,6	0,5
		<b>Melhoria -&gt;</b>			20%	22%	25%	30%	33%	38%
Envidraçados	4,3			3,3	3,3	2,9	2,6	2,4	2,8	2,4
	<b>Melhoria -&gt;</b>			33%	21%	27%	35%	27%	33%	

É possível verificar a existência de variações significativas no que toca a estes coeficientes chegando mesmo até aos 43%, sendo que estes valores ainda poderão ser progressivamente atualizados até ao ano de 2020 de modo a se poder incorporar estudos

referentes ao custo-benefício e, mais importante no âmbito deste trabalho, níveis definidos para os edifícios de necessidade de energia quase nulas (N-ZEB).

Este valor significa que para um mesmo elemento construtivo exterior vão existir soluções construtivas diferentes, caracterizadas geralmente por um aumento da espessura de isolamento térmico necessário, a Figura 4 mostra um exemplo de uma solução construtiva para uma zona climática II.

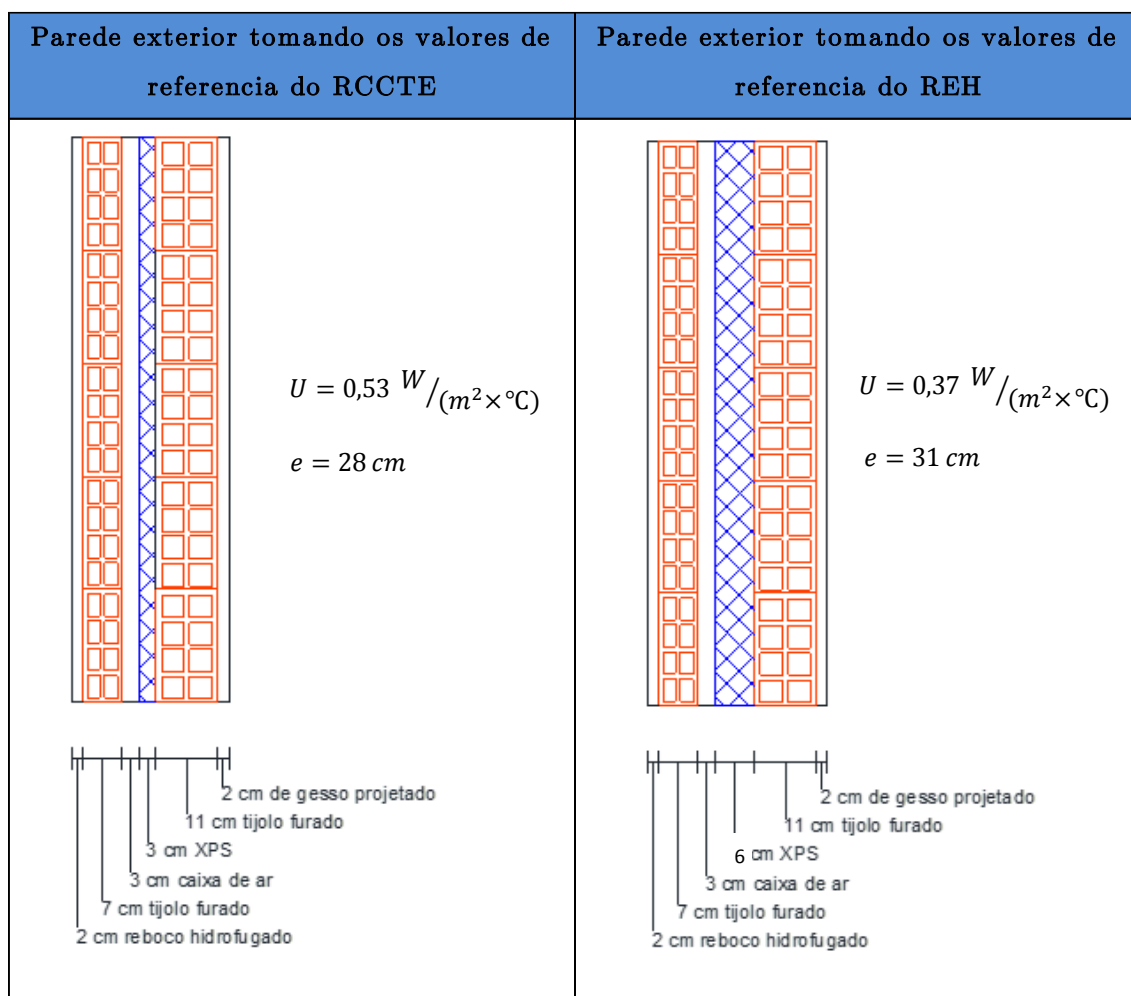


Figura 4 - Comparação entre elementos tomando os valores de referência segundo os regulamentos

A utilização dos valores de referência estabelecidos pelo REH, para uma mesma solução construtiva, implica a duplicação da espessura do revestimento térmico, quando



comparadas ao RCCTE. Esta alteração poderá levar à utilização de novas soluções construtivas de modo a evitar o aumento da espessura dos elementos opacos.

É ainda relevante salientar que estes valores de referência funcionam como apoio, conduzindo determinado elemento para um bom comportamento, no entanto, estes podem ser superados, consoante a necessidade do utilizador, de modo a criarem-se elementos de elevada qualidade a nível de condutibilidade térmica.

## 2.4 – Necessidades nominais de energia útil na estação de aquecimento.

De seguida irá ser feita uma comparação entre as metodologias usadas para realizar o cálculo das necessidades nominais de energia útil (Nic) na estação de aquecimento, pelos dois regulamentos.

A fórmula geral para a obtenção das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento é a apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 - Formula geral para a obtenção das necessidades anuais de energia útil para aquecimento

RCCTE	REH
$Nic = \frac{(Q_{tr} + Q_{ve} - Q_{gu})}{A_p}$	$Nic = \frac{(Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i})}{A_p}$

Nic - Necessidades nominais de energia útil na estação de aquecimento

Q<sub>tr</sub>, Q<sub>tr,i</sub> – Transferências térmicas através da envolvente dos edifícios

Q<sub>ve</sub>, Q<sub>ve,i</sub> – Transferência de calor por transmissão através da envolvente de referência na estação de aquecimento

Q<sub>gu</sub>, Q<sub>gu,i</sub> – Ganhos térmicos que são uteis para a habitação, feitos através dos vãos envidraçados, iluminação, equipamentos e ocupantes

A<sub>p</sub> – Área útil de pavimento

Após uma análise das expressões facilmente se pode concluir que existe essencialmente uma pequena alteração a nível de nomenclatura, sendo que o método de cálculo não foi modificado na formulação geral.

#### 2.4.1 – Cálculo das transferências térmicas através da envolvente dos edifícios.

O cálculo das transferências térmicas feitas através da envolvente de edifícios pode ser feito através da expressão apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 - Formula de cálculo das perdas caloríficas efetuadas através da envolvente

RCCTE	REH
$Q_t = Q_{ext} + Q_{lna} + Q_{pe} + Q_{pt}$	$Q_{tr,i} = 0,024 \times GD \times H_{tr,i}$
	$H_{tr,i} = H_{ext} + H_{enu} + H_{adj} + H_{ecs}$

$Q_t, Q_{tri}$  – Transferências térmicas através da envolvente

$H_{tr,i}$  – Coeficiente global de transferência de calor por transmissão

$Q_{ext}, H_{ext}$  - Transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com o exterior

$Q_{lna}, H_{enu}$  - Transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com espaços não uteis.

$Q_{pe}, H_{ecs}$  - Transferência de calor através de elementos em contacto com o solo

$Q_{pt}$  – Transferência de calor através de pontes térmicas lineares

$H_{adj}$  - Transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com edifícios adjacentes

As metodologias de cálculo são aparentemente diferentes, no entanto, uma análise mais profunda de cada um dos parâmetros permite concluir que se trata apenas de uma diferença de nomenclatura. Existe uma subdivisão do processo de cálculo no REH que se traduz essencialmente no mesmo método descrito pelo RCCTE. Como tal é

necessário proceder ao cálculo de cada um dos parâmetros, sendo que existem alguns que são imediatamente observáveis como idênticos em ambas as formulas:

A Tabela 8 apresenta a fórmula de cálculo para a transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com o exterior.

Tabela 8 - Formula de cálculo da transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com o exterior

RCCTE	REH
$Q_{ext} = 0,024 \times U \times A \times GD$	$H_{ext} = \sum_i [U_i \times A_i] + \sum_j [\psi_j \times B_j]$

U – Coeficiente de transmissão térmica do elemento

A – Área interior do elemento da envolvente

GD – Numero de graus-dia aquecimento

$\psi_j$  – Coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica linear

B<sub>j</sub> – Desenvolvimento linear de ponte térmica linear

Como pode ser observado na Tabela 8, a segunda parte da expressão H<sub>ext</sub> do REH é um cálculo que já foi apresentado na expressão anterior do RCCTE, referente às perdas de calor associadas a pontes térmicas lineares, Q<sub>pt</sub>. Até ao instante a metodologia que permite realizar o cálculo de todos os coeficientes estudados é exatamente idêntica, com a exceção de parâmetros internos destas expressões, cujos valores sofreram alterações.

Na Tabela 9 é feita uma comparação entre os vários passos da formulação geral das transferências de calor através da envolvente.

Tabela 9 - Comparação intermédia das fórmulas de cálculo das transferências de calor através da envolvente

RCCTE	REH
$Q_t = Q_{ext} + Q_{lna} + Q_{pe} + Q_{pt}$	$Q_{tr,i} = 0,024 \times GD \times H_{tr,i}$
	$H_{tr,i} = H_{ext} + H_{enu} + H_{adj} + H_{ecs}$
$Q_{ext} = 0,024 \times U \times A \times GD$	$H_{ext} = \sum_i [U_i \times A_i] + \sum_j [\psi_j \times B_j]$

Pode ser mencionado que existe uma pequena alteração relativamente às pontes térmicas planas, uma vez que o REH opta por incorporar o cálculo destas dentro do cálculo do paramento da transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com o exterior ( $H_{ext}$ ). Para além deste fato, não existe qualquer alteração significativa na expressão geral de cálculo, sendo que a generalidade destas são a nível de nomenclatura.

De seguida, na Tabela 10, são apresentadas as fórmulas para proceder ao cálculo das transferências de calor através de elementos da envolvente em contacto com espaços não uteis.

Tabela 10 - Formula de calculo das transferências de calor através de elementos da envolvente em contacto com espaços não uteis

RCCTE	REH
$Q_{lna} = 0,024 \times U \times A \times GD \times \tau$	$H_{enu} = btr \times \left( \sum_i [U_i \times A_i] + \sum_j [\psi_j \times B_j] \right)$

$\tau$ ,  $btr$  – Coeficiente de redução de perdas

Uma vez mais é possível observar que ambas as fórmulas apesar de terem uma nomenclatura diferente, a formulação que é estabelecida é exatamente igual. A única diferença de nomenclatura encontra-se em alguns fatores e na recolocação do parâmetro referente às perdas de calor associadas a pontes térmicas lineares,  $Q_{pt}$ , como se pode verificar na Tabela 11.

Tabela 11 - Comparação intermédia das fórmulas de cálculo das transferências de calor através de elementos da envolvente em contacto com espaços não uteis

RCCTE	REH
$Q_t = Q_{ext} + Q_{lna} + Q_{pe} + Q_{pt}$	$Q_{tr,i} = 0,024 \times GD \times H_{tr,i}$
	$H_{tr,i} = H_{ext} + H_{enu} + H_{adj} + H_{ecs}$
$Q_{lna} = 0,024 \times U \times A \times GD \times \tau$	$H_{enu} = b_{tr} \times \left( \sum_i [U_i \times A_i] + \sum_j [\psi_j \times B_j] \right)$

O próximo passo será calcular a transferência de calor através de elementos em contacto com o solo, cuja metodologia de cálculo é descrita na Tabela 12:

Tabela 12 - Formula de cálculo das transferências de calor através de elementos em contacto com o solo

RCCTE	REH
$Q_{pe} = 0,024 \times L_{pe} \times GD$	$H_{ecs} = \sum_i [U_{bfi} \times A_i] + \sum_j [z_j \times P_j \times U_{bwj}]$
$L_{pe} = \sum_j \psi_j \times B_j$	

$L_{pe}$  – Perdas unitárias de calor de elementos em contacto com o solo

$U_{bfi}$  – Coeficiente de transmissão térmica do pavimento enterrado

$U_{bwj}$  – Coeficiente de transmissão térmica da parede em contacto com o solo

$A_i$  – Área do pavimento em contacto com o solo

$P_j, B_j$  – Desenvolvimento total da parede em contacto com o solo

$Z_j$  – Profundidade média enterrada da parede em contacto com o solo

Esta fórmula de cálculo é diferente nos dois regulamentos sendo que segundo o RCCTE o valor das transferências de calor através de elementos em contacto com o solo é calculado tendo em conta o coeficiente de transmissão térmica linear e o perímetro do pavimento ou o desenvolvimento da parede. Segundo o REH este cálculo deve ser feito tendo em conta o coeficiente de transmissão térmica do pavimento enterrado e de parede, a área desse mesmo pavimento, a profundidade média da parede que está em contacto com o solo, o seu desenvolvimento e o respetivo coeficiente de transmissão térmica. Como tal, é possível verificar que o método de cálculo deste fator é feito de modo diferente nos dois regulamentos e analiticamente verifica-se ainda que é mais simples fazer a distinção dos dois elementos na metodologia proposta segundo o REH.

Por fim a fórmula que permite o cálculo das transferências de calor através dos elementos da envolvente em contacto com edifícios adjacentes é prevista apenas para o REH, Tabela 13, uma vez que o RCCTE prevê esta parcela dentro do cálculo da transferência de calor através de elementos em contacto com espaços não úteis:

Tabela 13 - Fórmula de cálculo das transferências de calor através dos elementos da envolvente em contacto com edifícios adjacentes

REH
$H_{ecs} = btr \times \left( \sum_i [U_i \times A_i] + \sum_j [\psi_j \times B_j] \right)$

Uma vez mais é possível verificar a presença de um membro da expressão responsável pelas pontes térmicas lineares, sendo que no regulamento anterior este membro era sempre quantificado numa parcela própria,  $Q_{pt}$ .

## 2.4.2 – Transferência de calor através da ventilação

As transferências de calor ocorrentes na habitação devido à ventilação devem ser calculadas em ambos os regulamentos de acordo com as seguintes fórmulas apresentadas na Tabela 14.

Tabela 14 - Formula de cálculo das transferências de calor através da ventilação

RCCTE	REH
$Qv = 0,024 \times (0,34 \times Rph \times Ap \times Pd) \times GD$	$Qve,i = 0,024 \times GD \times Hve,i$
	$Hve,i = 0,34 \times Rph,i \times Ap \times Pd$

Rph – Taxa nominal horaria de renovações do ar interior

Rph,i – Taxa nominal horaria de renovações do ar interior na estação de aquecimento

Ap – Área interior útil de pavimento

Pd – Pé direito médio da fração

Hve,i – Coeficiente global de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento

A única diferença entre estas duas fórmulas parte da forma em como é calculado o valor de Rph sendo que existe uma ligeira correção nos valores mínimos permitidos consoante a estação do ano tendo em conta que o REH possui um único valor de Rph uma vez que na estação de arrefecimento deverá ser utilizado um valore de calculo de  $0,6 h^{-1}$ , tal como mostra a Tabela 15.

Tabela 15 - Valores mínimos de Rph

RCCTE	REH	
Rph Mínimo	Rph Mínimo	
$0,6 h^{-1}$	Inverno	Verão
	$0,4 h^{-1}$	$0,6 h^{-1}$

Segundo o RCCTE teria que se garantir durante todo o ano a renovação de 60% do ar interior de uma habitação por hora, no entanto o REH estipula que durante a estação de aquecimento (Inverno), este valor possa descer até aos 40%, isto significa que como o ar não possui uma taxa de renovação tão elevada, pode existir uma melhor manutenção da temperatura interior, uma vez que 20% do ar que seria renovado segundo o RCCTE é agora aproveitado.

### 2.4.3 – Ganhos térmicos úteis

De forma a finalizar o cálculo das necessidades nominais de energia útil na estação de aquecimento, é necessário calcular ainda os ganhos térmicos que se irão realizar. Este parâmetro será deduzido aos anteriores uma vez que se tratam de ganhos responsáveis pelo aquecimento e podem ser determinados através da seguinte expressão, apresentada na Tabela 16

Tabela 16 - Formula de cálculo dos ganhos térmicos uteis

RCCTE	REH
$Q_{gu} = \eta \times Q_g$	$Q_{g,i} = \eta_i \times Q_{g,i}$

$Q_g, Q_{g,i}$  - Ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento.

$\eta, \eta_i$  - Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de aquecimento

O parâmetro  $Q_g, Q_{g,i}$ , está dividido em dois tipos de ganhos, os referentes a fontes internas tais como a iluminação ou a atividade humana no interior da habitação, e os provenientes do aproveitamento da radiação solar que é realizada pelos envidraçados.



Tabela 17 – Formula de cálculo dos ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento

RCCTE	REH
$Qg = Qi + Qs$	$Qg,i = Qint,i + Qsol,i$
$Qi = qi \times M \times Ap \times 0,72$	$Qint,i = 0,72 \times qint \times M \times AP$

$Qi, qint$  – Ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície

$Qi, Qint,i$  – Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor

$Qs, Qsol,i$  – Ganhos térmicos associados à radiação solar incidente na envolvente exterior

$M$  – Duração media da estação convencional de aquecimento

Uma vez mais apenas é possível verificar uma alteração ligeira a nível de nomenclatura que se traduz numa maior preocupação em distinguir todos os parâmetros inerentes às fórmulas existentes.

Como se pode observar até ao presente passo não existem alterações significativas à formulação utilizada em ambos os documentos, porém uma vez iniciado o estudo do cálculo dos ganhos térmicos provenientes do aproveitamento da radiação solar pelos envidraçados já é possível ver ligeiras alterações, originadas por pequenas considerações tomadas relativamente aos dispositivos de proteção que estão associados ao envidraçado em questão.

Tabela 18 – Formulas de cálculo dos ganhos térmicos provenientes do aproveitamento da radiação solar pelos envidraçados

RCCTE	REH
$Qs = Gsul \times \sum_j \left( Xj \times \sum_n Asnj \right) \times M$	$Qsol,i = Gsul \times \sum_j \left( Xj \times \sum_n \textcircled{Fs,inj} \times As,inj \right) \times M$
$As = A \times \textcircled{Fs} \times Fg \times Fw \times g \perp$	$As,i = Aw \times Fg \times gi$

$G_{sul}$  – Valor médio mensal de energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a Sul.

$A_{snj}$ ,  $A_{s,inj}$  – Área efetiva coletora de radiação solar do envidraçado

$F_s$ ,  $F_{s,inj}$  – Fator de obstrução do vão envidraçado

$F_g$  - Fração envidraçada do vão envidraçado

$g_{\perp}$ ,  $g_i$  – Fator solar de inverno

A primeira diferença por observação direta das fórmulas de cálculo é a inexistência do fator de correção devido à variação das propriedades do vidro com o ângulo de incidência ( $F_w$ ) no REH. Isto acontece uma vez que este fator apenas se encontra presente quando não existem dispositivos de proteção solar anexos ao envidraçado.

A segunda diferença passa pela alteração do modo como é determinado o fator solar dos envidraçados, baseando-se na existência de dispositivos de proteção solar para tal. Ao contrário do RCCTE que estipulava a presença de uma cortina transparente de cor clara, o REH estipula que os dispositivos de proteção solar estão totalmente abertos de modo a se poder obter um maior aproveitamento dos ganhos solares pelos envidraçados, os valores referente aos fatores solares dos envidraçados são apresentados na Tabela 19

Tabela 19 – Diferenças entre a determinação do fator solar de inverno de envidraçados

RCCTE			REH		
Consideração	Vidros simples	Vidros duplos	Com dispositivo	Sem dispositivo	Consideração
Cortina interior transparente de cor clara	$g_{\perp} = 0,70$	$g_{\perp} = 0,63$	$g_i = g_{Tp}$	$g_i = F_{w,i} \times g_{\perp,vi}$	Dispositivos de proteção solar totalmente abertos

$g_t$  – Fator solar do envidraçado com os dispositivos de proteção solar 100% ativos.

$g_{Tp}$  - Fator solar do envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes existentes

$F_{w,i}$  - Fator solar do envidraçado

$g_{\perp,vi}$  – Fator de seletividade angular

O RCCTE estipulava a existência de uma cortina interior transparente de cor clara, isto iria influenciar o cálculo uma vez que o fator solar total do conjunto iria ser agravado não permitindo a obtenção de valores de ganhos solares tão bons tendo em conta a possibilidade.

Contrariamente e tendo em conta que durante a estação de aquecimento o objetivo deveria ser de maximizar todo e qualquer ganho que possa ser aproveitado, o REH estipula que a energia solar que incide no envidraçado não será bloqueada, ou dissipada devido aos dispositivos de proteção solar, uma vez que estes estarão completamente abertos.

Uma vez realizado o cálculo do valor que representará as necessidades energéticas referentes à estação de aquecimento, a formulação que permite verificar, se este se encontra dentro de intervalos de valores aceitáveis calculados de acordo com a Tabela 20.

Tabela 20 - Formula de cálculo para os valores máximos das necessidades energéticas de inverno, Ni.

RCCTE		REH
$FF \leq 0,5$	$Ni = 4,5 + 0,0395 \times GD$	$Ni = \frac{(Q_{tr,i_{ref}} + Q_{ve,i_{ref}} - Q_{gu,i_{ref}})}{Ap}$
$0,5 \leq FF \leq 1$	$Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037 \times FF) \times GD$	
$1 \leq FF \leq 1,5$	$Ni = 4,5 + (0,021 + 0,037 \times FF) \times GD \times (1,2 - 0,2 \times FF)$	
$FF \geq 1,5$	$Ni = 4,05 + 0,06885 \times GD$	

FF – Fator de Forma

Ni - Valor máximo de referência para as necessidades nominais de energia útil para aquecimento

$Q_{gu,i_{ref}}$  – Ganhos de calor uteis de referência na estação de aquecimento

$Q_{tr,i_{ref}}$  – Transferência de calor por transmissão através da envolvente de referência na estação de aquecimento.

$Q_{ve,i_{ref}}$  – Transferência de calor por ventilação de referência na estação de aquecimento.

Como é possível verificar, o método utilizado pelo RCCTE é fortemente influenciado pelo fator de forma (FF) da habitação, criando subdivisões dos valores de Ni tendo em conta a variação de intervalo em que a habitação se encontra.

O cálculo do valor máximo de Ni, segundo o REH, deverá ser feito tendo em consideração a metodologia proposta para o cálculo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento do edifício, com a exceção de que estes valores serão condicionados por soluções construtivas de referência.

Quando comparadas, facilmente se verifica que existe uma preocupação muito superior por parte do REH em estipular valores exigentes de necessidades, e em comparar os valores obtidos com uma solução composta por valores de referência de modo a se conseguir garantir um desempenho energético elevado.

## 2.5 – Necessidades nominais de energia útil na estação de arrefecimento.

As necessidades nominais de energia útil na estação de arrefecimento (Nvc) representam a energia útil necessária para baixar a temperatura interior de uma habitação durante, estação convencional de Verão e pode ser calculado de acordo com a Tabela 21.

Tabela 21 - Formula de cálculo das necessidades nominais de energia útil na estação de arrefecimento

RCCTE	REH
$Nvc = \frac{Qg \times (1 - \eta)}{Ap}$	$Nvc = \frac{Qg,v \times (1 - \eta v)}{Ap}$

Qg, Qg,v – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento

$\eta, \eta_v$  – Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento

### 2.5.1 – Calculo dos ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento

Tal como aquilo que foi observado na metodologia de cálculo referente à estação de aquecimento, os ganhos relativos à estação de arrefecimento são subdivididos em ganhos internos e os ganhos solares. Estes ganhos diferem dos referentes à estação de aquecimento na medida em que são responsáveis pelo sobreaquecimento da habitação e irão agir contrariamente àquilo que será pretendido durante a estação de arrefecimento, Tabela 22.

Tabela 22 - Formula de cálculo dos ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento.

RCCTE	REH
$Qg = Qi + Qs$	$Qg, v = Qint, v + Qsol, v$

$Q_i, Q_{int, v}$  - Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor na estação de arrefecimento

$Q_{sol, v}$  – ganhos térmicos associados à radiação incidente na envolvente exterior opaca envidraçada

Os ganhos solares internos são calculados de acordo com as expressões apresentadas na Tabela 23.

Tabela 23 - Formula de cálculo ganhos térmicos internos.

RCCTE	REH
$Q_i = \frac{q_i \times A_p \times L_v}{1000}$	$Q_{int, v} = \frac{q_{int} \times A_p \times L_v}{1000}$

$L_v$  – Duração da estação de arrefecimento – 2928 horas

$q_i, q_{int}$  – Ganhos térmicos internos médios por unidade de superfície - 4 W/m<sup>2</sup>

A Tabela 24 apresenta as fórmulas de cálculo para os ganhos térmicos associados à radiação incidente na envolvente exterior opaca envidraçada.

Tabela 24 - Formula de cálculo dos ganhos térmicos associados à radiação incidente na envolvente exterior opaca envidraçada.

RCCTE	REH
$Q_s = \sum_j \left[ I_{rj} \times \sum_n A_{snj} \right]$	$Q_{sol} = \sum_j \left[ G_{sulj} \times \sum_n F_{s,vnj} \times A_{s,inj} \right]$

$A_{snj}, A_{s,inj}$  – Área efetiva coletora de radiação solar do envidraçado

$I_{rj}, G_{sulj}$  – Energia solar média incidente numa superfície, durante toda a estação de arrefecimento.

$F_{s,vnj}$  – Fator de obstrução da superfície do elemento n com orientação j

Relativamente aos ganhos provenientes de fontes internas, é possível observar que apenas existem pequenas alterações de nomenclatura. No entanto relativamente à metodologia de cálculo dos ganhos térmicos associados à radiação incidente na envolvente exterior opaca envidraçada é possível verificar algumas alterações associadas à presença do fator de obstrução da superfície no elemento envidraçado no REH, no entanto como no RCCTE este fator está englobado na área efetiva coletora de radiação solar, a metodologia de cálculo mantém-se inalterada.

A Tabela 25 apresenta as fórmulas de cálculo das áreas coletoras de radiação solar.

Tabela 25 - Formula de cálculo das áreas efetivas coletoras de radiação solar

	RCCTE	REH
Vãos envidraçados exteriores	$As = A \times Fs \times Fg \times Fw \times g \perp$	$As, vnj = Aw \times Fg \times gv$
Envolvente opaca exterior	$As = \alpha \times U \times A \times Rse$	$As, v = \alpha \times U \times Aop \times Rse$
Envidraçados interiores	N/A	$As, v = (Aw)int \times (Fg)int \times (gv)int \times (gv)enu$

A, Aw – Área total do vão envidraçado incluindo vidro e caixilho

A, Aop – Área do elemento da envolvente opaca exterior

Fs, Fs,inj – Fator de obstrução do vão envidraçado

Fg – Fração envidraçada do vão envidraçado

Fw – Fator de correção devido à variação das propriedades do vidro com o angulo de incidência da radiação solar

$g \perp$ , gv – Fator solar do envidraçado

$\alpha$  – Coeficiente de absorção de radiação solar da superfície do elemento da envolvente opaca

Rse - Resistência térmica superficial exterior

É ainda possível reparar que o RCCTE considera que existe sempre a necessidade de ter em conta o fator de correção devido à variação das propriedades do vidro com o angulo de incidência da radiação solar (Fw), enquanto o REH apenas considera este fator quando existem dispositivos de proteção solar fixos.

Existe ainda uma preocupação por parte do REH em estipular a metodologia de cálculo para os ganhos provenientes de vãos envidraçados interiores.

De modo a calcular o fator solar do envidraçado é necessário aplica as fórmulas, apresentadas na Tabela 26.

Tabela 26 - Formula de cálculo do fator solar do envidraçado

RCCTE	REH
$g \perp = 30\% g \perp (vidro) + 70\% g \perp (vidro + proteção)$	$gv = Fmv \times gt + (1 - Fmv) \times gtp$

$F_{mv}$  – Fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar se encontram 100% ativos.

$g_t$  – fator solar do envidraçado com os dispositivos de proteção solar 100% ativos

$g_{Tp}$  - fator solar do envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes existentes

Relativamente ao cálculo deste fator é possível verificar uma alteração a nível de metodologia de cálculo na medida em que:

O RCCTE estipulava que as proteções solares móveis encontrava-se ativadas a 70%, como tal, o fator solar total do conjunto era constituído por 30% do fator solar do envidraçado e os restantes 70% do fator solar do envidraçado com a proteção em questão.

O REH por outro lado estipula que de forma a minimizar o máximo possível os ganhos provenientes da incidência de radiação, os dispositivos de proteção solar móveis encontram-se totalmente ativos durante um período de tempo, dependendo do respetivo octante onde se encontra o envidraçado.

Uma vez realizado o cálculo do valor que representará as necessidades energéticas referentes à estação de arrefecimento, a formulação que permite verificar, se este se encontra dentro de intervalos de valores aceitáveis. Estes valores são apresentados na Tabela 27.



Tabela 27 - Formula de cálculo para os valores máximos das necessidades energéticas no verão,  $N_v$

RCCTE		REH
V1 (norte)	$N_v = 16 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano}$	$N_v = \frac{(1 - \eta_{vref}) \times (Q_{g,vref})}{A_p}$
V1 (Sul)	$N_v = 22 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano}$	
V2 (Norte)	$N_v = 18 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano}$	
V2 (Sul)	$N_v = 32 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano}$	
V3 (norte)	$N_v = 26 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano}$	
V3 (Sul)	$N_v = 32 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano}$	
Açores	$N_v = 21 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano}$	
Madeira	$N_v = 23 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano}$	

$N_v$  – Valor máximo de referência para as necessidades nominais de energia útil para arrefecimento

$\eta_{vref}$  – fator de utilização de ganhos de referencia

$Q_{g,vref}$  – Ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento

Comparando os dois métodos, mais uma vez se verifica a existência de diferenças no modo em como o valor máximo das necessidades energéticas na estação de arrefecimento é determinado.

O RCCTE organiza o modo em como este valor é obtido segundo o zonamento climático, estipulando que para determinada zona existe um valor de  $N_v$  complementar.

O REH adapta este valor máximo, à habitação em si tendo em conta as temperaturas médias que são verificadas no exterior e interior de referência, os ganhos internos médios efetuados na habitação, a radiação solar média de referencia, a duração da estação de arrefecimento, 20% da área útil de pavimento e o fator solar de referência para a estação de arrefecimento.

Em vez de tentar criar uma escala onde todos os edifícios de habitação serão enquadrados como é feito segundo o RCCTE, o REH utiliza o próprio edifício considerando que neste estão aplicadas soluções de referência, deste modo é possível classificar o limite máximo do valor máximo de referência para as necessidades nominais de energia útil para arrefecimento ( $N_v$ ), segundo as características da habitação, ao invés da zona em que esta se insere.

## 2.6 – Necessidades de energia para preparação de águas quentes sanitárias.

De seguida, na Tabela 28 irá ser feita a comparação entre as fórmulas utilizadas para calcular a energia necessária para a produção das águas quentes sanitárias ( $N_{ac}$ ) de uma habitação.

Tabela 28- Formula de cálculo da energia necessária para preparar AQS

RCCTE	REH
$N_{as} = \frac{\frac{Q_a}{\eta_a} - E_{solar} - E_{ren}}{A_p}$	
$Q_a = \frac{MAQS \times 4187 \times \Delta T \times \eta_d}{3600000}$	$Q_a = \frac{MAQS \times 4187 \times \Delta T \times \eta_d}{3600000}$
$MAQS = 40l \times n^\circ \text{ de ocupantes}$	$MAQS = 40l \times n^\circ \text{ de ocupantes} \times feh$

$N_{ac}$  – Necessidades de energia para preparação de águas quentes sanitarias

MAQS – Consumo médio diário de referência

$Q_a$  – Energia útil necessária para preparação de AQS durante um ano

$\eta_a$  – Eficiência do sistema

$E_{ren,p}$  – Energia produzida a partir de fontes de origem renovável

$E_{solar}$  – Contribuição dos sistemas coletores solares

$\Delta T$  – Aumento de temperatura necessário para preparação das AQS

$\eta_d$  – numero anual de dias de consumo de AQS

feh - Fator de eficiência hídrica

Interpretando ambas as formulações é constatado que não existem diferenças significativas entre ambas, com a exceção da introdução de um fator feh, sendo este relativo à eficiência hídrica, aplicável quando o chuveiro em questão possui certificação e rotulagem de eficiência hídrica em conformidade com as normas.

## 2.7 Necessidades nominais de energia primária.

Após a determinação das necessidades nominais de energia útil na estação de aquecimento, arrefecimento e energia necessária para produção das águas quentes sanitárias, é necessário proceder ao cálculo das necessidades nominais de energia primária para posteriormente se conseguir obter a classificação da habitação. É neste parâmetro que surge a diferença mais notável de todo o regulamento responsável pela grande alteração na classificação das habitações como pode ser visto na Tabela 29.

Tabela 29 - Formula de cálculo das necessidades nominais de energia primária

RCCTE
$Ntc = 0,10 \times \frac{Nic}{\eta_i} \times Fpui + 0,10 \frac{Nvc}{\eta_v} \times Fpuv + Nac \times Fpua$
REH
$Ntc = \sum_j \left( \sum_k \frac{fi,k \times Nic}{\eta_k} \right) \times Fpu,j + \sum_j \left( \sum_k \frac{fv,k \times \delta \times Nvc}{\eta_k} \right) \times Fpu,j + \sum_j \left( \sum_k \frac{fa,k \times \frac{Qa}{Ap}}{\eta_k} \right) \times Fpu,j$ $+ \sum_p \frac{Wmv,j}{Ap} \times Fpu,j - \sum_p \frac{Eren,p}{Ap} \times Fpu,p$

Qa – Energia útil necessária para preparação de AQS durante um ano

fi,k/fa,k/fv,k – Parcela das necessidades de energia útil para aquecimento / arrefecimento / preparação de AQS supridas pelo sistema.

Fpu,j / Fpu,p - Fator de conversão de energia útil para energia primária

$W_{mv,j}$  – Energia necessária ao funcionamento dos ventiladores

$E_{ren,p}$  – Energia produzida a partir de fontes de origem renovável

$\delta$  – 1 ou 0 em situações em que o risco de sobreaquecimento seja minimizado

Como se pode verificar pelas expressões acima, esta é a primeira fórmula que sofre alterações significativas:

- O RCCTE opta por fazer uma redução de 90% nos valores das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento e aquecimento, uma vez que estipula que os aparelhos responsáveis por estas funções estão ativos apenas 10% do tempo necessário ou seja, estão ativos 2 horas por dia e aquecem a habitação até uma temperatura de 20°C que é respetivamente a base sobre a qual se é feito o zonamento climático.

- O REH estipula que o arrefecimento e aquecimento da habitação pode ser realizado por vários sistemas e como tal a contribuição de cada um deles está presente sobre a forma dos parâmetros  $f_{i,k}$ ,  $f_{v,k}$ ,  $f_{a,k}$ . Não é estipulado o tempo durante o qual a habitação irá ser climatizada, em vez disso considera que a habitação será constantemente climatizada a uma temperatura base de 18°C.

Os fatores de conversão de energia útil para energia primária são responsáveis pela homogeneização dos diversos tipos de energia para uma unidade única e geral equivalente de petróleo, kWep/kWh e sofreram variações como pode ser verificado na Tabela 30.

Tabela 30 - Fatores de conversão de energia útil para energia final

<b>Fatores de conversão entre energia final e energia primaria (kWep/kWh)</b>		
<b>Energia</b>	<b>RCCTE</b>	<b>REH</b>
Eletridade	3,37	2,5
Combustiveis solidos, liquidos e gasosos	1	1
Energia termica de origem renovavel	N/A	1

Primeiramente é necessário mencionar que existe uma diferença no sistema de unidades utilizado, sendo que segundo o RCCTE se usa o quilograma equivalente de petróleo por quilowatt hora, enquanto que o REH passou a utilizar o quilowatt equivalente de petróleo por quilowatt hora.

É possível verificar que existe uma alteração do valor referente fator de conversão entre energia final e primaria de eletricidade e ainda, segundo o REH uma preocupação em estipular valores para energias térmicas de origem renovável, algo que vai de encontro à necessidade que os edifícios deverão ter, de modo a conseguir obter o estatuto de edificio de balanço energético zero.

É importante referir que o REH toma a energia provida de fontes renováveis como uma parcela independente na expressão do cálculo das necessidades nominais de energia primária ( $E_{ren,p}$ ), enquanto no RCCTE esta parcela era tomada como parte integrante no cálculo das AQS.

Uma vez realizado o cálculo do valor que representará as necessidades energéticas nominais anuais, a formulação que permite verificar, se este se encontra dentro de intervalos de valores aceitáveis é a apresentada pela Tabela 31

Tabela 31 - Formula de cálculo para os valores máximos das necessidades nominais anuais energéticas  $N_t$

RCCTE
$N_t = 0,9 \times (0,01 \times N_i + 0,01 \times N_v + 0,15 \times N_a)$
$N_a = 0,081 \times MAQS \times \frac{\eta^d}{A_p}$
REH
$N_t = \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{i,k} \times N_i}{\eta_{ref,k}} \right) \times F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{v,k} \times N_v}{\eta_{ref,k}} \right) \times F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{a,k} \times \frac{Q_a}{A_p}}{\eta_{ref,k}} \right) \times F_{pu,j}$

$N_t$  - Valor máximo de referência das necessidades nominais anuais energéticas

$N_i$  - Valor máximo de referência para as necessidades nominais de energia útil para aquecimento

$N_v$  - Valor máximo de referência para as necessidades nominais de energia útil para arrefecimento

$N_a$  - Valor máximo de referência para as necessidades nominais de energia útil para preparação de AQS

$F_{pu,j}$  - Fator de conversão de energia útil para energia primária

$\eta_{ref}$  - fator de utilização de ganhos de referencia

De acordo com o RCCTE a formulação de cálculo para os valores máximos das necessidades anuais energéticas é inteiramente dependente dos valores das necessidades anuais de energia útil para aquecimento, arrefecimento e produção de AQS, máximas admissíveis. Os restantes valores numéricos são subjacentes a dados estatísticos relativos aos padrões de consumo em edifícios de habitação. O fator de 0,9 anterior à expressão é utilizado de modo a realizar um controlo de qualidade, sendo que se a habitação em questão apenas cumprisse os mínimos regulamentares, ou seja  $N_{vc}=N_v$ ,  $N_{ic}=N_i$ ,  $N_{as}=N_a$ , esta não iria cumprir o requisito final pelo que lhe seria imposta uma melhoria de 10% nos valores referentes às necessidades anuais de energia útil.

Segundo o REH o valor máximo das necessidades nominais anuais energéticas, está dependente dos valores das necessidades anuais de energia útil para aquecimento, arrefecimento e produção de AQS, excetuando o valor relativo à ventilação mecânica e aproveitamento de energias renováveis, com a exclusão dos sistemas solares utilizados para produzir as AQS. É importante frisar que os valores que são considerados por parte da expressão são valores obtidos utilizando soluções de referência estabelecidos pelo REH, em detrimento daqueles que foram realmente obtidos no cálculo da habitação.





## Capítulo 3 – Sustentabilidade energética na construção

### 3.1 – Introdução

Em Portugal o modo de construção de edifícios de habitação pode ser caracterizado como sendo uma prática homogénea relativamente às metodologias adotadas, durante a totalidade do seu processo.

A análise dos edifícios deve ser feita de acordo com parâmetros sociais, económicos e ambientais, uma vez que é necessário criar uma aliança entre, o conforto e qualidade do produto em si, o impacto que este irá ter sobre o meio ambiente e o custo associado à junção dos dois fatores anteriores, promovendo assim o desenvolvimento sustentável dentro do setor da construção.

Os edifícios, produto final do processo de construção, são responsáveis pela utilização de recursos durante a totalidade da sua fase de vida, destacando-se a fase de construção, caracterizada como sendo aquela que irá ser responsável por uma grande utilização de recursos energéticos durante um período de tempo intermédio e a fase de exploração que é responsável por uma utilização significativamente mais baixa, mas durante um período de tempo bastante superior.

Dentro da fase de exploração, estes consumos continuam a representar uma grande parte do consumo de energia total devido ao seu caráter relativamente permanente.

A Figura 6 traduz o crescimento do consumo energético dos edifícios em comparação com a sua importância relativamente aos restantes sectores ao longo dos anos.

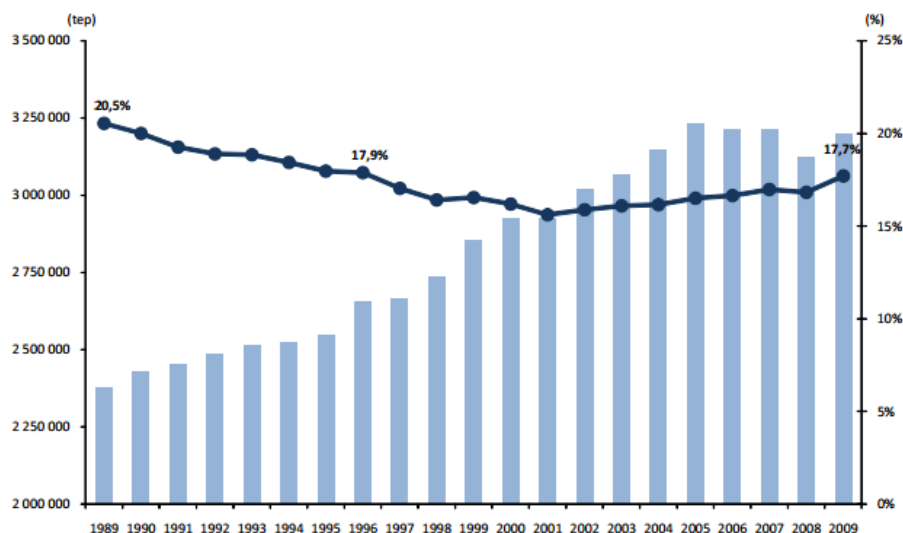


Figura 5 - Consumo no setor doméstico (tep) e peso (%) do consumo do sector doméstico final de energia (1989 - 2009). Fonte: Balanço Energético DGEG

Como se pode observar, a energia utilizada pelos consumos domésticos tem vindo progressivamente a aumentar em valor total de modo substancial, no entanto o seu peso relativamente à totalidade dos consumos de energia foi diminuindo até 2001 sofrendo sucessivas subidas daí em diante, tomando o valor de cerca de 17,7% para o ano de 2009.

Os consumos domésticos podem ainda ser subdivididos relativamente ao tipo de combustível utilizado:

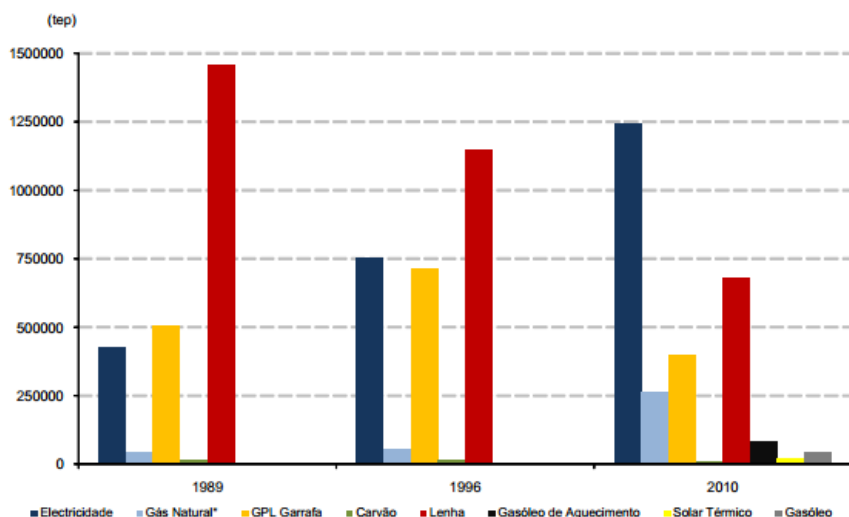


Figura 6 - Consumo de energia no alojamento por tipo de energia (1989 - 1996 - 2010). Fonte: INE/DGEG - Inquérito ao consumo de energia no sector domestico.

Através da análise da Figura 7 observa-se os consumos domésticos têm sofrido uma constante alteração, sendo que de torna importante mencionar o aumento significativo dos consumos de eletricidade e gás natural. É de referir que surge uma pequena parcela referente à energia solar térmica em 2010 ainda que com um peso relativamente pequeno comparativamente a outras mais utilizadas.

Nas habitações os consumos podem ser ainda subdivididos dependendo do tipo de função, deste modo ainda é possível fazer a seguinte análise com o levantamento de dados efetuado pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), Figura 7 e 8.

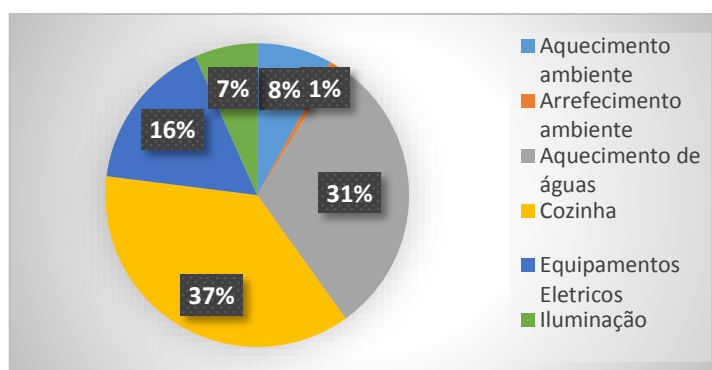


Figura 7 - Distribuição do consumo de energia no alojamento por tipo de uso. Fonte: INE/DGEG - Inquérito ao consumo de energia no sector domestico.

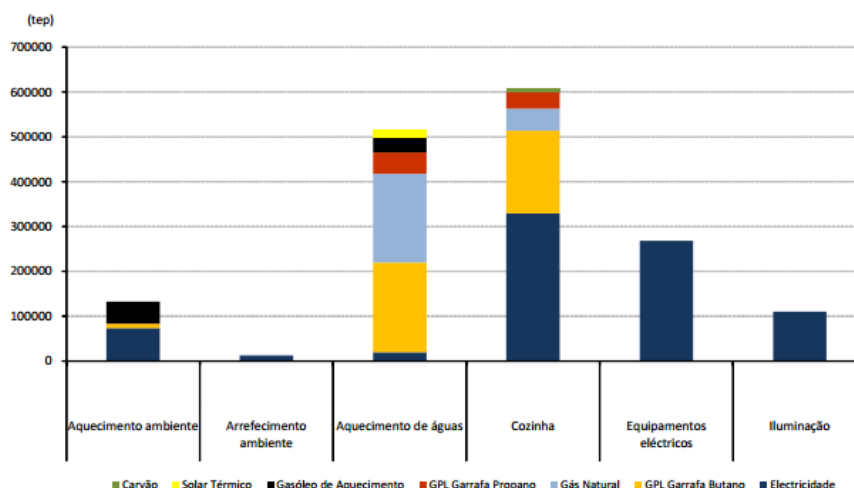


Figura 8 - Distribuição do consumo de energia no alojamento, por tipo de uso e combustível. Fonte: INE/DGEG - Inquérito ao consumo de energia no sector domestico.

Uma vez que é possível verificar a importância e peso que os consumos energéticos referentes às habitações possuem, passa a ser necessário efetuar uma redução substancial no valor de energia que é utilizado, complementando esta redução com a utilização de energias renováveis de modo a promover o desenvolvimento energético sustentável.

É necessário compreender que a utilização de energias renováveis pode não ser suficiente. O primeiro passo deve ser reduzir todos os desperdícios energéticos existentes e posteriormente suprir parte das necessidades efetivas de energia utilizando energia renovável apropriadamente.

A Energy Performance Building Directive (EPBD) prevê que antes de 31 de Dezembro de 2018, as entidades que possuem e ocupam um edifício novo terão que garantir que este é caracterizado de edifício de balanço energético quase zero, e até 31 de Dezembro de 2020 todos os novos edifícios terão que ser designadamente edifício com necessidades quase nulas de energia. Estas metas terão que ser cumpridas de forma a garantir a efetivação do plano europeu que estipula que até 2020 terá que existir uma redução de 20% dos gases efeito de estufa e do consumo de energia e um aumento de 20% na utilização de energias renováveis.

Este capítulo é dedicado a estudar um pouco mais acerca do conceito de sustentabilidade na construção de edifícios de habitação, com uma influência particular sobre estes edifícios de balanço energético zero que brevemente terão que fazer parte integrante do parque habitacional do nosso País.

### 3.2 – Edifício com necessidades nulas de energia

Um edifício com balanço nulo de energia (ZEB – Zero Energy Building) é um edifício cujas necessidades energéticas anuais são supridas utilizando as energias renováveis produzidas no local ou nas imediações, querendo dizer que o balanço de energia total anual é igual a zero. A designação ZEB implica a obtenção de edifícios com desempenhos energéticos muito acima da média, conseguindo compensar a pouca energia que é utilizada, através de energias renováveis, sejam elas produzidas no próprio edifício ou nas imediações.



Figura 9 - Esquema ilustrativo do conceito de um edifício com necessidades quase nulas de energia.

Este conceito de edifícios com necessidades energéticas nulas pode ser categorizado relativamente ao nível de sustentabilidade de energia que é apresentado, existindo portanto variações de edifícios de balanço energético zero tendo como base o balanço total de energia final efetuado pelo mesmo.

Os edifícios cujas necessidades energéticas são inferiores à sua capacidade para produzir a energia necessária através de fontes renováveis, são denominados como energy-plus buildings. Estes edifícios são os que possuem o melhor desempenho energético uma vez que apresentam um balanço anual energético positivo, não tendo necessidade de, em teoria, aceder a qualquer outro tipo de energia de forma a ter os seus equipamentos totalmente operacionais.

Existem edifícios cujas necessidades são superiores à produção de energia que se processa no seu interior, ou analisando de outro modo, o edifício em questão não possui modos de produção de energia capazes de satisfazer as necessidades energéticas possuindo portanto um balanço anual negativo. Estes edifícios podem ou não possuir um desempenho energético elevado. Como se pode verificar na Figura 10 existe um limite representado pela reta a vermelho que distingue um edifício corrente, de um edifício com um desempenho energético superior. Os edifícios que assentam as suas bases neste conceito são denominados como edifícios com necessidades quase nulas de energia (N-ZEB – Near zero energy building).

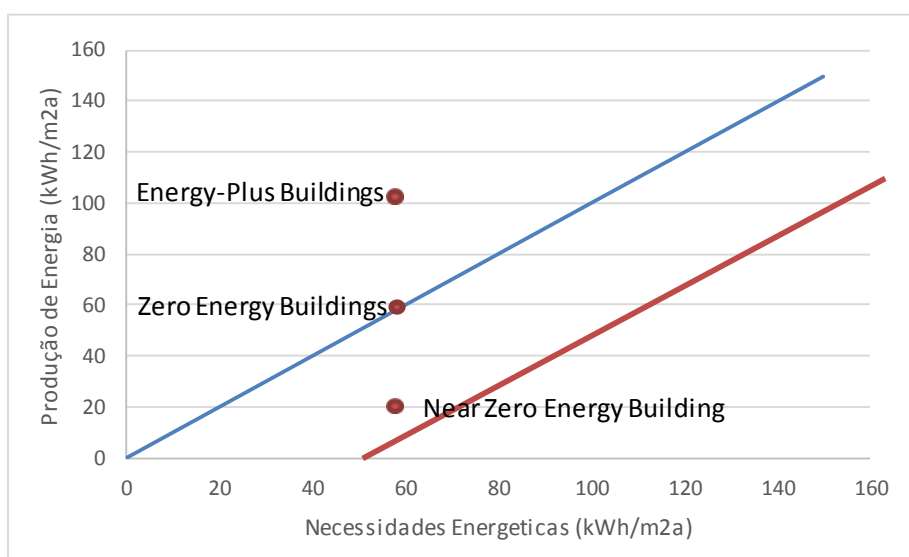


Figura 10 - Representação gráfica exemplificativa dos diferentes tipos de edifícios (ZEB)

### 3.2.1 – Definição edifício com necessidades quase nulas de energia em Portugal

Apesar de toda a informação que existe relativamente ao conceito de edifício com necessidades quase nulas de energia, não existe ainda a sua caracterização numérica, algo que seja considerado como universal por todo o País e atue como um padrão a ser respeitado de forma a se conseguir uma prática homogénea por todos. Torna-se portanto necessário que exista uma definição e caracterização clara e plausível do que realmente é um edifício com necessidades quase nulas de energia.

No Decreto-lei nº118/2013 – Artigo 16.º é feita a seguinte definição deste aspeto:

*“São edifícios com necessidades quase nulas de energia os que tenham um elevado desempenho energético e em que a satisfação das necessidades de energia resulte em grande medida de energia proveniente de fontes renováveis, designadamente a produzida no local ou nas proximidades”.*

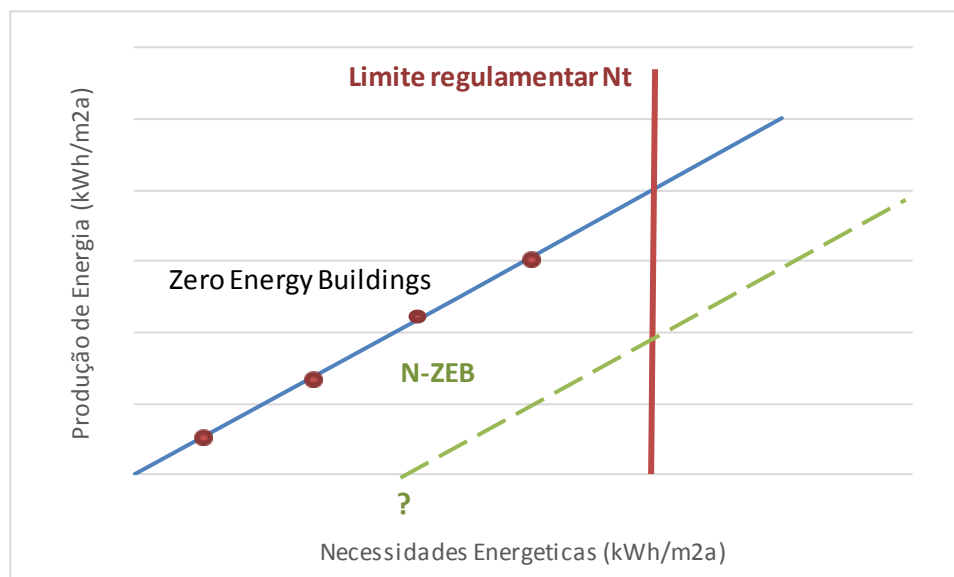


Figura 11 - Ilustração da definição nacional de N-ZEB

Esta designação regulamentar é um pouco incompleta na medida em que não fornece informação relativamente a limites observáveis do consumo energético, representados na Figura 11 pela reta verde, que possam ser utilizados como referência de

modo a controlar o consumo de energia efetuado pelos edificados, apenas estipula que tem de existir um desempenho energético elevado e as necessidades energéticas devem ser supridas através de fontes de energia renováveis. Esta definição deixa ao critério de terceiros, a definição do que é um N-ZEB.

Uma vez que a legislação portuguesa impõe datas em que a generalidade dos edifícios deverão cumprir o critério de elevada sustentabilidade, torna-se necessário que este conceito seja especificado de forma a promover uma prática homogénea, fidedigna e com qualidade suficiente para ser utilizada de modo a se conduzirem estudos e melhorar a definição em si, contribuindo assim para uma constante evolução desta temática e da sua aplicação em território nacional.

### 3.2.2 – Práticas para obter um edifício com necessidades nulas de energia

Primeiramente é necessário proceder à subdivisão de todas as categorias sobre as quais se pode atuar de forma a se conseguir conduzir o resultado final na direção de um N-ZEB.

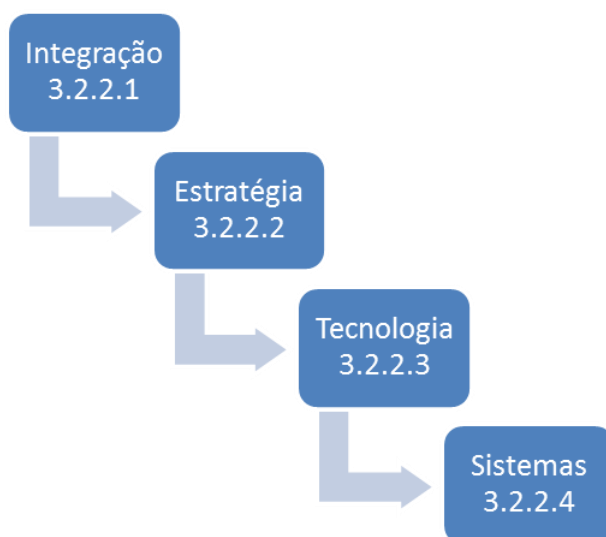


Figura 12 – Os diferentes modos de atuação para se obter um N-ZEB.



### 3.2.2.1 – Integração

Antes de se executar qualquer tipo de operação é necessário fazer um estudo sobre a integração da obra no meio em que esta se irá estabelecer. No âmbito de aplicação deste conceito surge a definição de arquitetura bioclimática, o projeto e planeamento de um edifício tendo em conta todas as condicionantes ambientais que estão presentes nas proximidades de modo a ser possível uma melhor integração deste, no local. Este aspeto, no entanto, não pode ser padronizado e aplicado de um modo constante a todas as habitações existentes, uma vez que existem inúmeros fatores que são alterados consoante a localização, tipo de habitação e fatores climáticos específicos da zona.

### Orientação

A orientação da habitação é um dos fatores que pode e deve ser controlado nas fases iniciais de planeamento. Isto é, o posicionamento do edifício tendo em atenção a exposição solar. A devida escolha da orientação que a habitação tomará, pode traduzir-se em ganhos solares que irão reduzir as necessidades nominais de aquecimento durante a estação de Inverno, e para além disso, a devida e correta exposição de painéis solares, eventualmente colocados na cobertura, poderá traduzir-se numa contribuição para a redução das necessidades energéticas anuais, indo de encontro ao proposto pelo conceito de N-ZEB.

Durante a estação de aquecimento, a altura do Sol é menor, como tal, uma superfície vertical voltada a Sul recebe radiação solar durante mais tempo do que uma orientada em qualquer outra direção. Durante a estação de arrefecimento, o Sol apresenta uma posição mais elevada provocando a variação do ângulo de incidência da radiação e portanto uma superfície vertical voltada a Sul receberá mais energia sendo que as coberturas dos edifícios registam a maior captação energética neste período de tempo.

Qualquer superfície voltada a Norte, não recebe incidência direta de radiação solar, tornando-se assim uma orientação menos preferencial quando necessário decidir a direção de exposição dos espaços de maior permanência, sendo a melhor solução uma orientação voltada a Sul, uma vez que é a que proporciona ao espaço o maior número de horas de exposição a radiação solar.

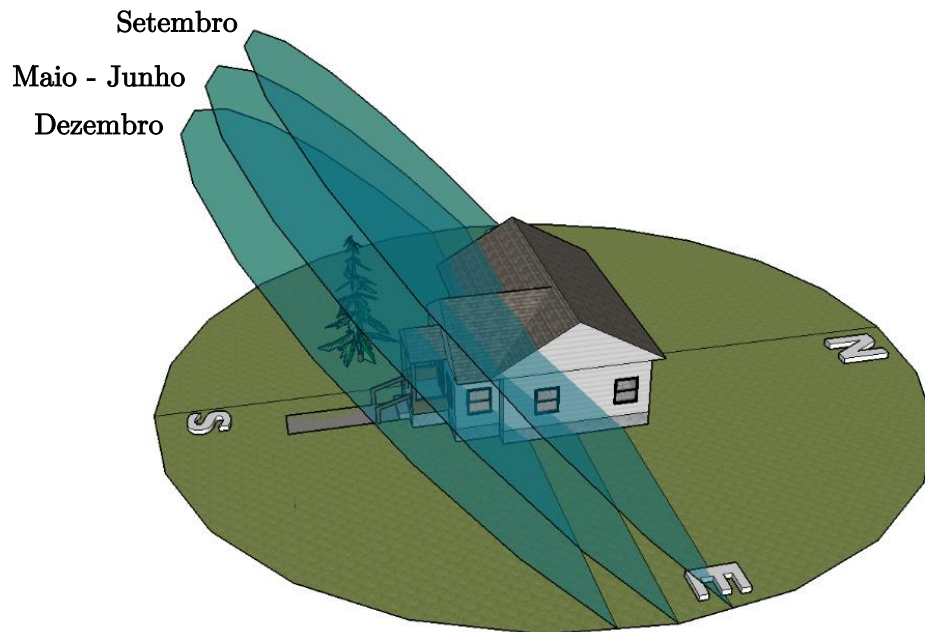


Figura 13 - Esquema da incidência das radiações solares

### Fator de Forma

O fator de forma (FF) é o coeficiente entre o somatório das áreas das envolturas exteriores e interior do edifício ou habitação e o respetivo volume interior correspondente.

Deve existir uma preocupação em reduzir ao máximo as áreas expostas do edificado, uma vez que as perdas térmicas pela superfície da envolvente exterior são proporcionais ao produto das áreas das superfícies expostas e o coeficiente térmico do respetivo elemento. Isto quer dizer que para uma habitação com idênticas características de envidraçados e coeficientes térmicos mas com diferenças no seu fator de forma existe uma variação na sua capacidade de retenção do calor interno. (Mendonça, 2005).

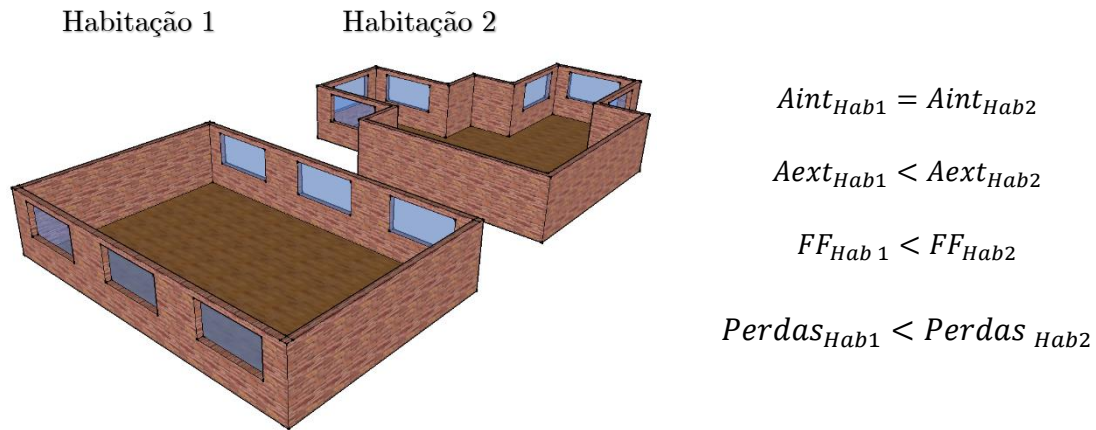


Figura 14 – Exemplo de habitações com a mesma área e FF distintos

### Exposição da habitação aos ventos dominantes

Outra característica a ter em atenção ainda durante a fase de planeamento é a orientação do edificado atendendo aos ventos dominantes do local, uma vez que, com as condições adequadas, podem ser aproveitados de forma a se conseguir alguma produção de energia de origem renovável através de estratégias passivas capazes de utilizar estes ventos de forma a se conseguir obter um modo eficiente de reaproveitamento desta energia normalmente subvalorizada.

Sendo um fluido, o ar, quando lhe é restringida a área sobre a qual o seu movimento é feito, sofre alterações a nível de velocidade. A diminuição desta área, implica um aumento considerável da sua velocidade o que origina um certo grau de desconforto para os utentes. No entanto é possível utilizar este processo de modo a efetuar operações de ventilação, o que torna o correto direcionamento do edifício, ou dispositivos passivos, segundo a direção dominante do vento, um assunto com uma importância relativamente grande.

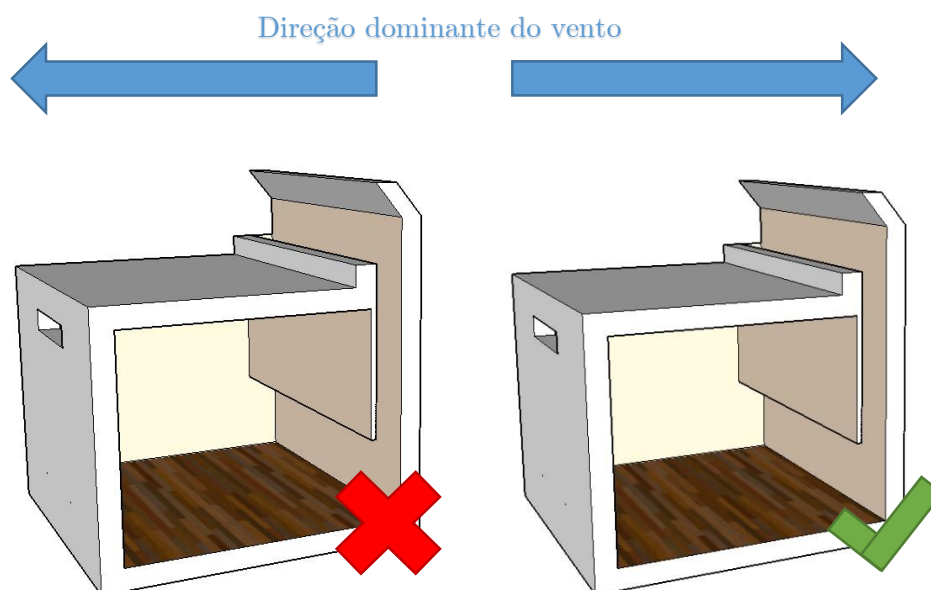


Figura 15 - Correta utilização de um sistema de ventilação natural face aos ventos dominantes.

### Utilização de árvores de folha caduca

Uma estratégia bastante simples, tendo em conta as características do local e a disponibilidade de aplicação, é a utilização de espécimes de árvores de folha caduca na proximidade de envidraçados com orientações cujos ganhos na estação de arrefecimento sejam prejudiciais à sustentabilidade energética da habitação.

Tendo em conta que os ganhos provenientes dos envidraçados constituem uma grande parte da energia responsável por efeitos negativos durante a estação de Verão e benéficos durante a de Inverno, é plausível assumir que uma correta utilização de uma técnica tão simples possa facilmente valorizar a utilização destes ganhos de forma a obter um balanço ideal destes fatores, através da criação de sombreamentos que irão impedir a passagem de energia por radiação indesejada, facilitando a sua passagem quando o seu impacto for benéfico. Como pode ser observável na Figura 17.

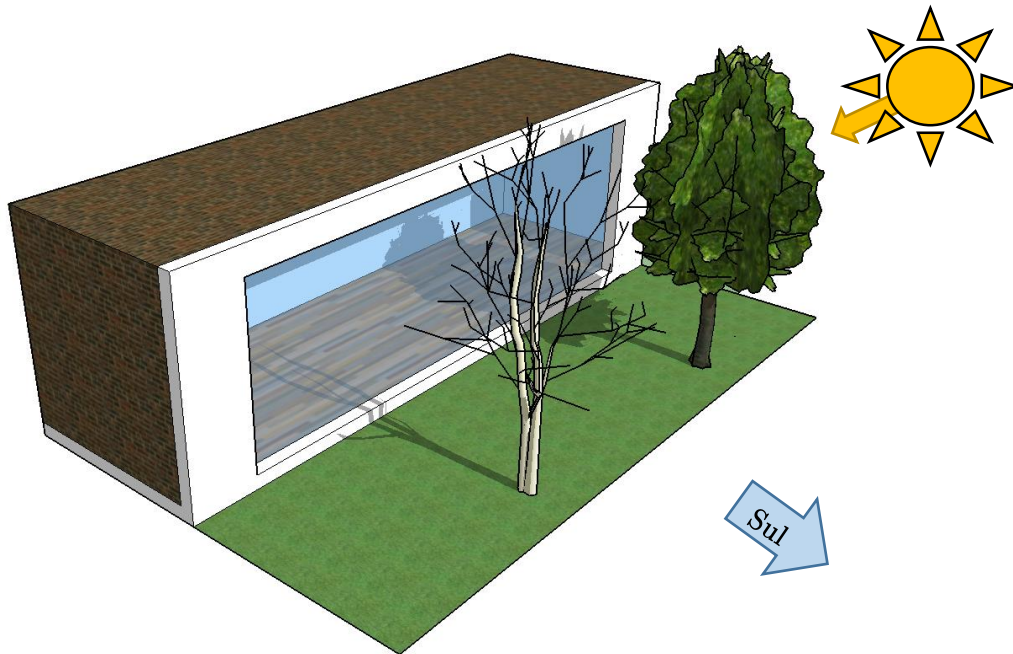


Figura 16 – Utilização de árvores de folha caduca no quadrante Sul.

### 3.2.2.2 – Estratégia

Após a fase de planeamento do edifício tendo em conta a associação do edificado com a sua integração no meio, é necessário atender às estratégias que irão ser utilizadas de modo a minimizar as necessidades de utilização de equipamentos responsáveis pela manutenção da temperatura interior a níveis de conforto aceitáveis.

### Sistemas passivos

Uma das estratégias a ter em conta passa por aliar a orientação do edifício com base na radiação solar, com a utilização de sistemas passivos, de forma a aproveitar grande parte da energia incidente no edificado reduzindo tanto as necessidades de iluminação assim como às de aquecimento.

Estes sistemas são permanentes e estão constantemente a exercer a sua função sem que o utilizador tenha que regular o seu funcionamento, são chamados de sistemas passivos.

## Claraboia

A claraboia é uma superfície horizontal vitrificada aplicada a coberturas com inclinações reduzidas ou totalmente planas, Figura 18. É normalmente utilizada de forma a garantir um maior aproveitamento da iluminação, mas quando aliado a um elemento com capacidades refletoras poderá se tornar numa mais-valia sob o ponto de vista de ganhos térmicos. É um elemento que requer um estudo da sua aplicação muito cuidado uma vez que a sua aplicação geralmente traduz-se em ganhos excessivos durante o verão e insuficientes no inverno (Mendonça, 2005).

É importante salientar que sendo uma superfície envidraçada tem, normalmente, um coeficiente de transmissão térmica relativamente superior ao elemento que o rodeia e por isso este sistema passivo apresenta perdas térmicas pelos envidraçados que irão ser mais penalizadoras durante a estação de aquecimento.

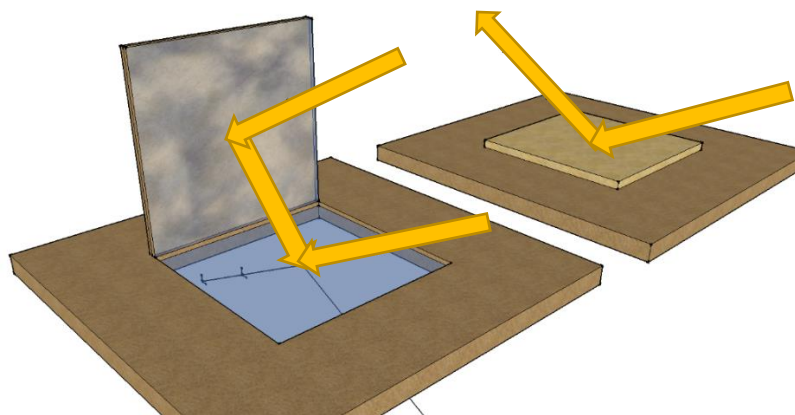


Figura 17 - Esquema de funcionamento de uma claraboia

## Sistemas passivos em vãos opacos exteriores

Os sistemas passivos de vãos opacos exteriores são compostos por uma parede que se encontra junta a um espaço e um envidraçado. O objetivo desta solução é o de maximizar os ganhos térmicos através do envidraçado utilizando-os posteriormente para

realizar o aquecimento da divisão adjacente ou, eliminar a desvantagem existente de possuir coeficientes de transmissão térmica com intervalos grandes entre elementos e ainda proceder a um aquecimento em alturas mais frias do dia utilizando a energia retida no elemento do parede pela sua inercia térmica (Mendonça, 2005).

Existem várias soluções construtivas que permitem realizar a operação de climatização do ambiente interior de forma passiva, destacando-se as que a seguir se apresentam.

### Paredes acumuladoras

As paredes acumuladoras realizam a operação de transmissão calorífica através de radiação que atravessa o envidraçado e sobreaquece o volume de ar que se encontra no interior, através do efeito de estufa, e seguidamente a parede adjacente, Figura 19. Esta parede deve ser pintada de cores escuras e deve possuir uma inercia térmica elevada de forma a não só captar o máximo de energia calorífica mas também a poder realizar libertações caloríficas durante a noite. Após o aquecimento da parede, esta irradia energia calorífica para o interior da habitação, (Mendonça, 2005).

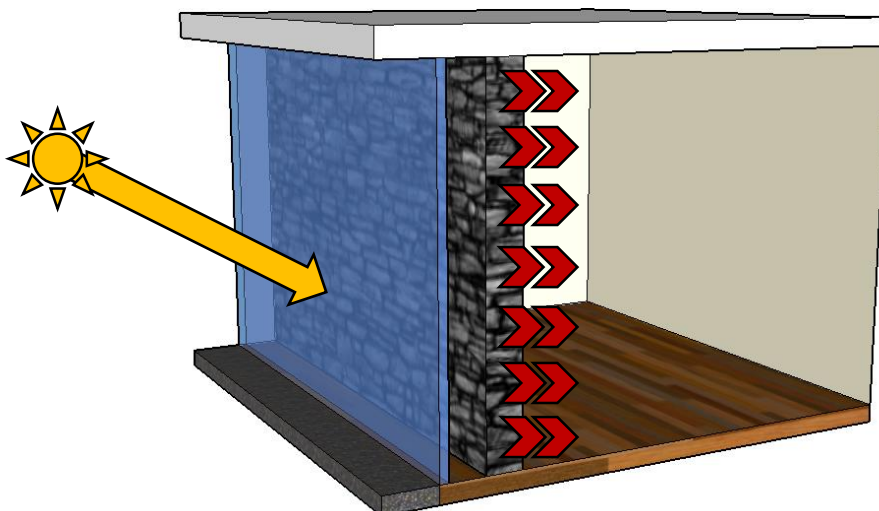


Figura 18 - Esquema de funcionamento de uma parede acumuladora.

## Paredes dinâmicas

As paredes dinâmicas são caracterizadas por possuírem uma abertura na parte superior da parede que têm a capacidade de deixar passar o ar aquecido pela radiação solar que se encontra entre as duas superfícies verticais, fazendo portanto um aproveitamento relativamente superior à solução apresentada anteriormente, Figura 20. Durante períodos com ganhos baixos, as aberturas deverão ser fechadas e a parede funcionará apenas como uma parede acumuladora (Mendonça, 2005).

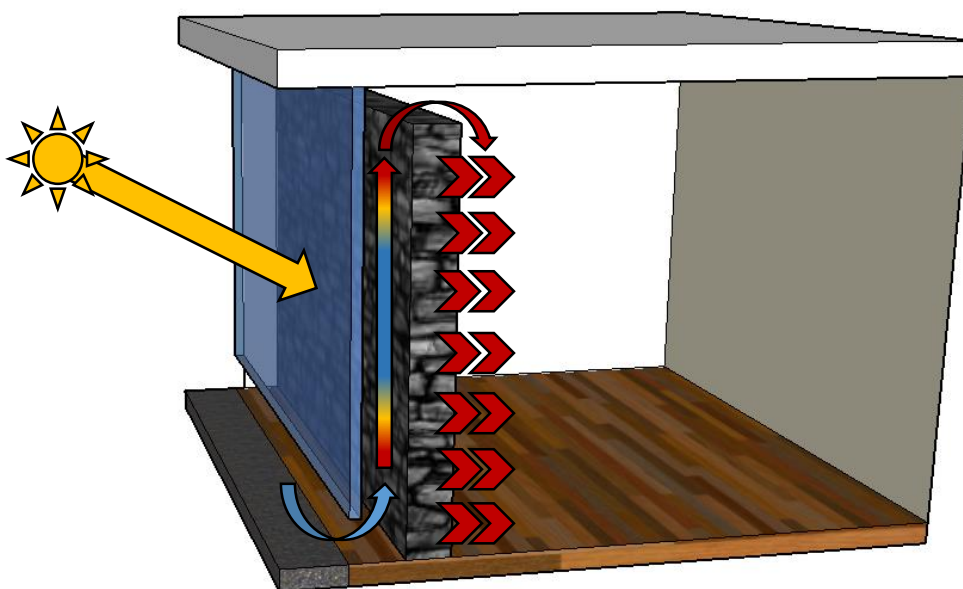


Figura 19 - Esquema de funcionamento de uma parede dinâmica

## Parede de Trombe

As paredes de Trombe são compostas por uma superfície opaca a qual possui aberturas que irão estimular a constante movimentação do ar interior através de convecção e revestidas exteriormente por vidro. A parte exterior pode ter aberturas para realizar um aproveitamento do calor por efeito de estufa, Figura 21. A correta utilização destas origina uma boa manutenção da temperatura interior em todas as fases do ano e



tornam a parede de trombe uma ótima solução de aquecimento do ar passivo através do Sol.

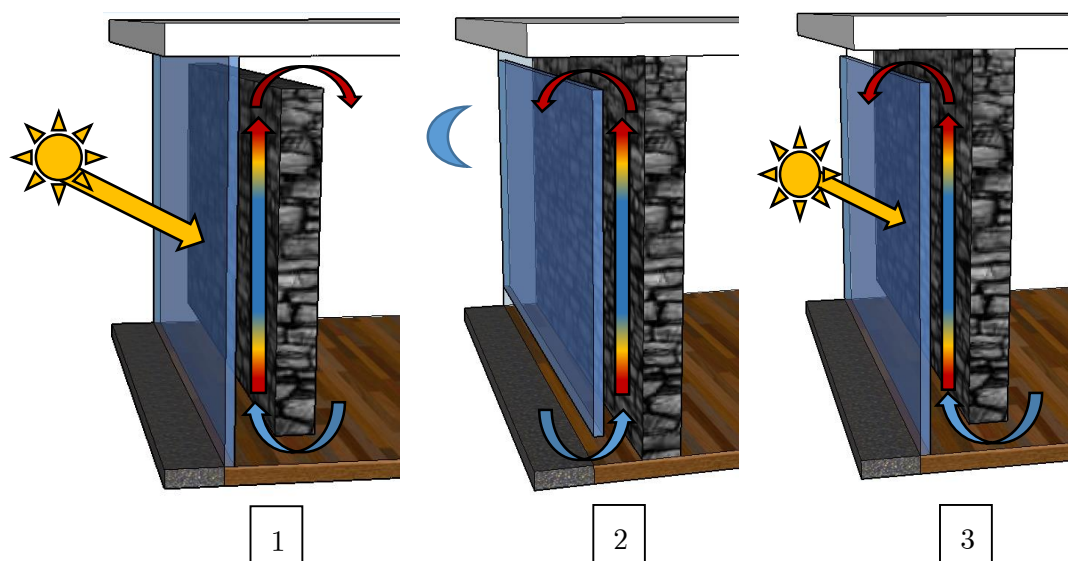


Figura 20 - Esquemas funcionamento de:

- 1 – Parede de trombe com efeito de estufa durante o dia de inverno
- 2 – Parede de trombe com efeito de estufa durante a noite de verão
- 3 – Parede de trombe usada como um meio de ventilação

### Paredes de água

Nestes sistemas, o elemento responsável pelo armazenamento e libertação da energia calorífica é a água, Figura 22. A sua capacidade de armazenamento é dez vezes superior a uma parede executada em alvenaria e cinco vezes superior a uma parede de betão armado (Mitjá, 1986). Como tal constitui uma solução extremamente eficaz de aquecimento passivo de espaços habitacionais, mas com inconvenientes relativamente dispendiosos uma vez que a má manutenção do elemento poderá originar patologias graves associadas a infiltrações de água para elementos adjacentes ou até mesmo fugas para o interior da habitação.

As paredes realizadas utilizando esta metodologia, possuem um funcionamento semelhante às paredes de trombe. Estas são envidraçadas de cor relativamente mais

escura permitindo ainda a penetração de alguma radiação solar que irá aquecer e iluminar a habitação adjacente podendo ser complementada com pavimentos de inercia térmica elevada capazes de fazer uma elevada absorção desta energia, de modo a fazer o reaproveitamento em momentos de maior necessidade.

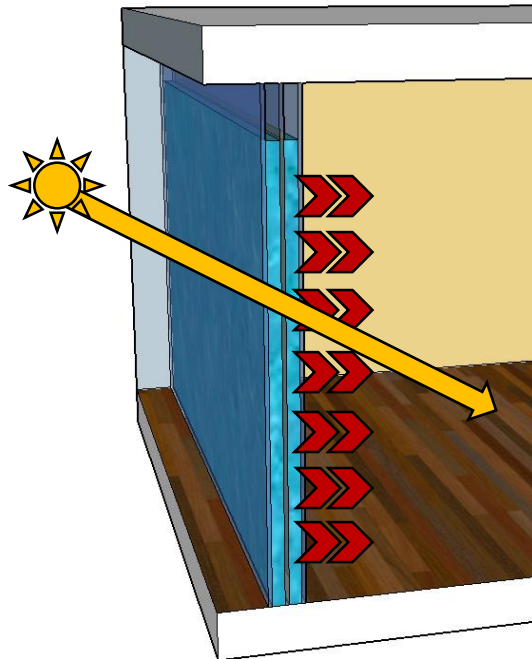


Figura 21 - Esquema de funcionamento de uma parede de água.

### Cobertura de água

Este sistema é caracterizado pela presença de uma substancial massa de água na zona da cobertura, que será encarregue da acumulação da energia proveniente da radiação solar e posterior aproveitamento para o interior da habitação, Figura 23. Esta massa de água está protegida na parte superior por um isolamento amovível o qual:

- No Inverno encontra-se inativo durante o dia, para maximizar a capacidade de armazenamento e durante a noite este é ativado de modo a maximizar a capacidade de retenção desta mesma energia.

- No Verão encontra-se ativo durante o dia de modo a evitar o sobreaquecimento da divisão, chegando mesmo a proporcionar-se uma refrigeração do compartimento, enquanto que durante a noite este é desativado de modo a provocar uma refrigeração da massa de água, (Mendonça, 2005).

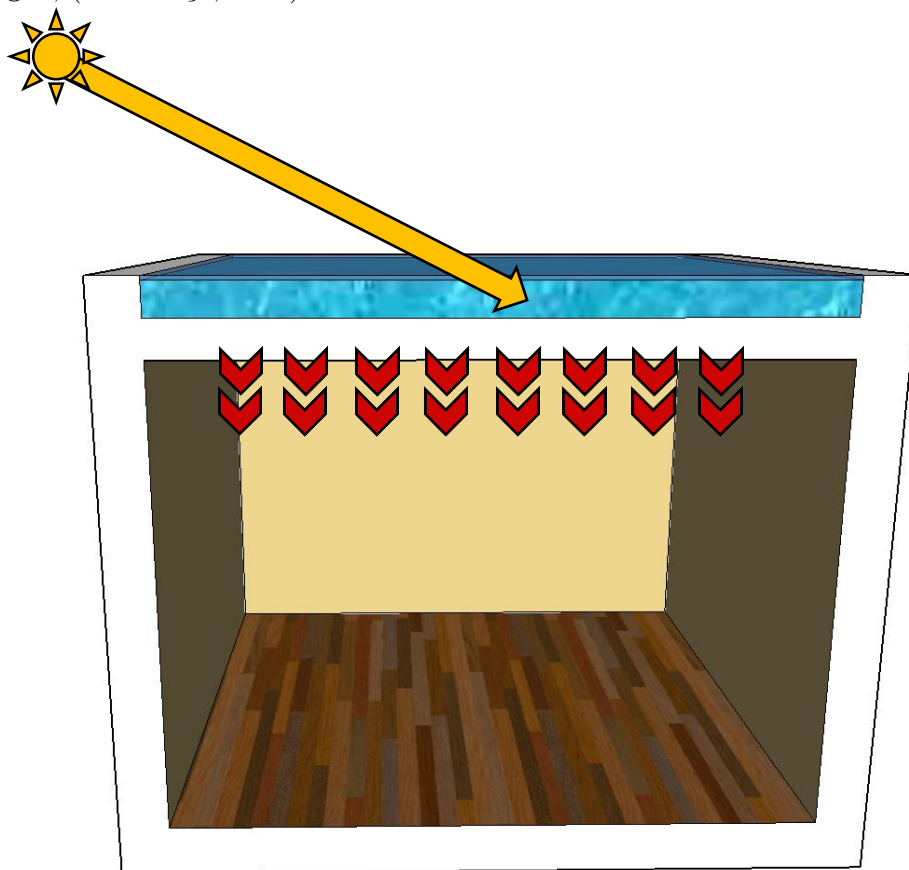


Figura 22 - Esquema de funcionamento de uma cobertura de água.

### Sistema indireto pelo pavimento

Este sistema tem como princípio básico o aquecimento de uma massa de água que se encontra debaixo do pavimento da divisão a aquecer, Figura 24. A radiação solar incide sobre uma superfície vitrificada localizada na parte exterior de um recetáculo com água aquecendo-a, esta irá irradiar energia calorífica pelo pavimento que irá originar um aquecimento da habitação em questão. É importante ainda referir que a superfície deverá possuir uma proteção de modo a que no Inverno a energia possa ser recolhida eficazmente,

e no Verão não lhe seja permitida a passagem, evitando assim o sobreaquecimento da habitação pela utilização deste sistema, (Mendonça, 2005).

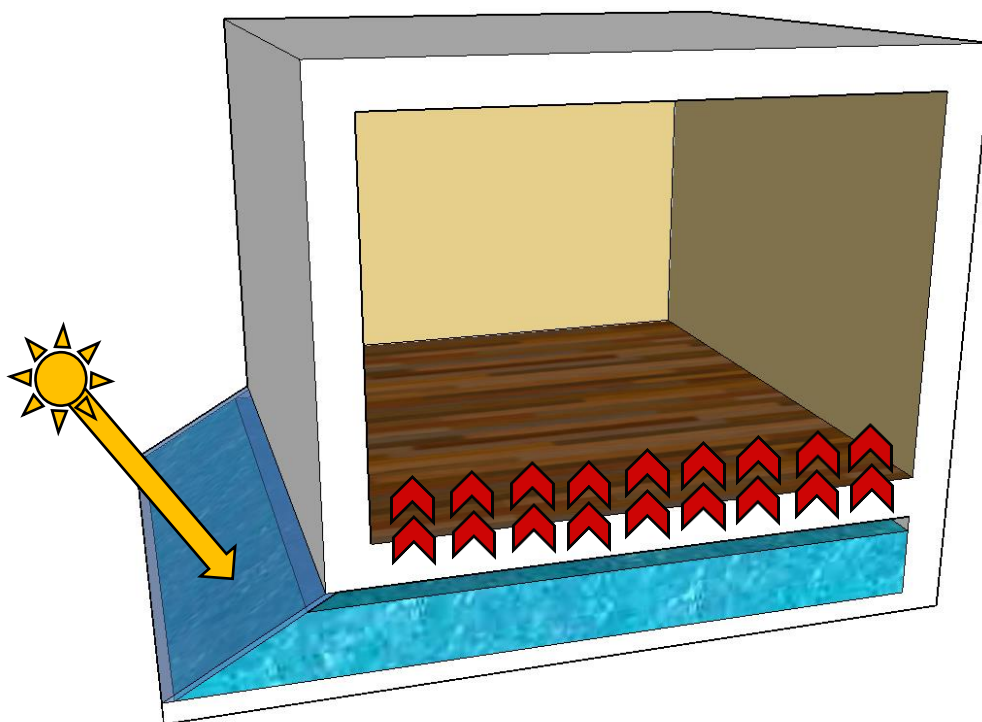


Figura 23 - Esquema de funcionamento de um sistema indireto pelo pavimento.

### Estufas

Entende-se por estufas uma área concorrente com a parede opaca, que é capaz de captar, reter e reaproveitar a energia que é recebida através da radiação solar, Figura 25. De modo a se garantir o reaproveitamento máximo desta energia, geralmente utilizam-se elementos com um peso elevado, nomeadamente a laje de pavimento e a parede separadora. Estes dois elementos possuem uma resistência térmica elevada e irão ser os responsáveis pelo armazenamento e libertação desta energia aquando da sua necessidade.

É necessário salientar que este tipo de estratégia deverá apenas ser aplicado numa face de parede voltada a Sul, uma vez que qualquer outra orientação se provará

insuficiente de modo a garantir a sustentabilidade do projeto sobre uma ótica económica, (Mendonça, 2005).

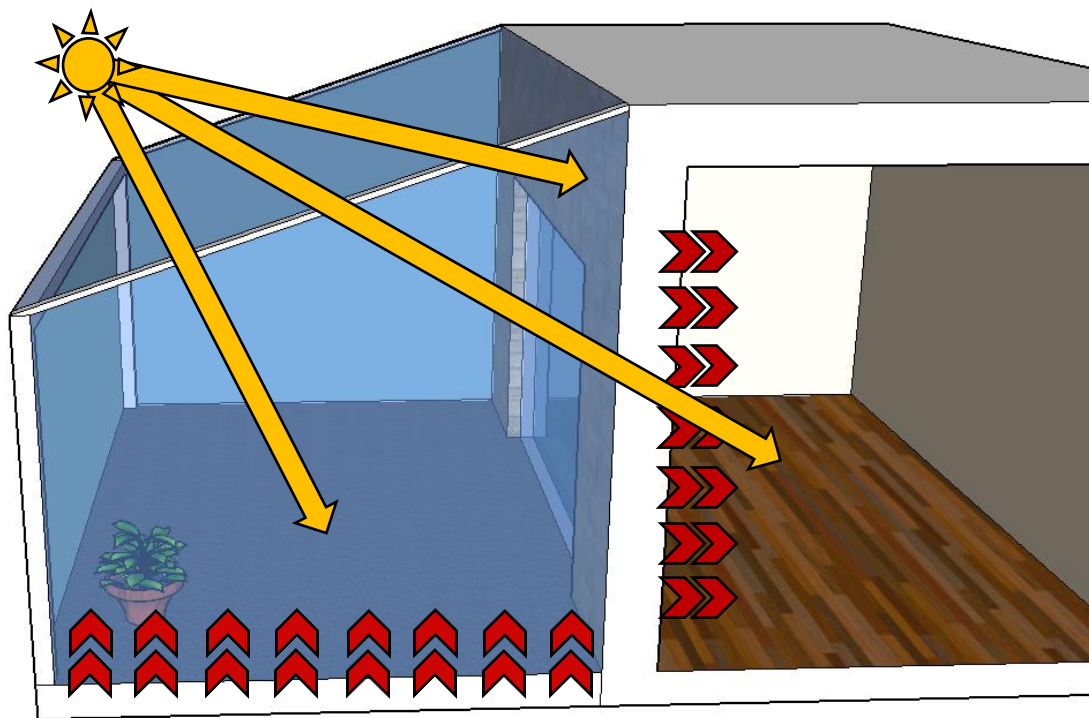


Figura 24 - Esquema de funcionamento de uma estufa

### Termossifão

Os termossifões são sistemas que utilizam o princípio da relação entre a temperatura de um fluido e a sua densidade, Figura 26. Por outras palavras o ar ao ser aquecido tem a tendência a tomar uma posição de cota superior, ao contrário do ar frio que toma o lugar do mais quente, criando assim um circuito de renovação de temperatura, provido que exista uma fonte constante de aquecimento deste. Neste caso, esta fonte é a energia proveniente do sol, que é devidamente captada e armazenada de forma a aquecer constantemente o ar frio que posteriormente irá subir empurrando mais ar frio para ser aquecido.

Para este efeito é executada uma pequena estufa capaz de absorver a energia proveniente da radiação solar. Esta será então absorvida por um leito de brita localizada nas imediações da mesma. Este leito será o responsável pelo aquecimento do ar de forma consistente e conseqüente garantia da predominância do ciclo de convecção (Mendonça, 2005).

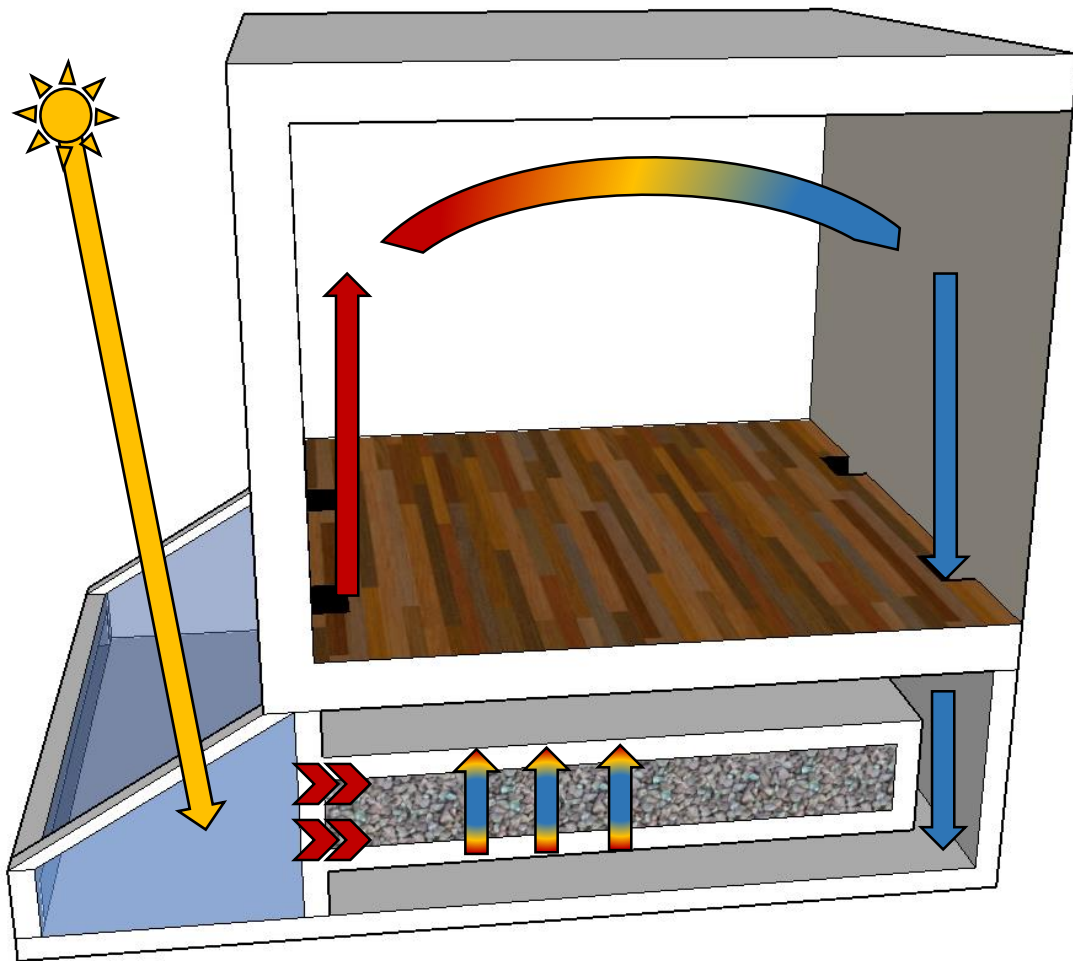


Figura 25 - Esquema de funcionamento de um termossifão.

### Sistema Barra-Constantini

O sistema Barra Constantini é caracterizado pela total inclusão do compartimento habitacional em elementos opacos que serão encarregues de absorver a energia proveniente da radiação solar e conseqüentemente aquecer o ar frio que percorre entre

estes, Figura 27. São utilizadas as convexões existentes originadas entre a diferença de densidade do ar a diferentes temperaturas origina um aquecimento da habitação que é constantemente reaproveitado, efetuando um circuito cíclico (Mendonça,2005).

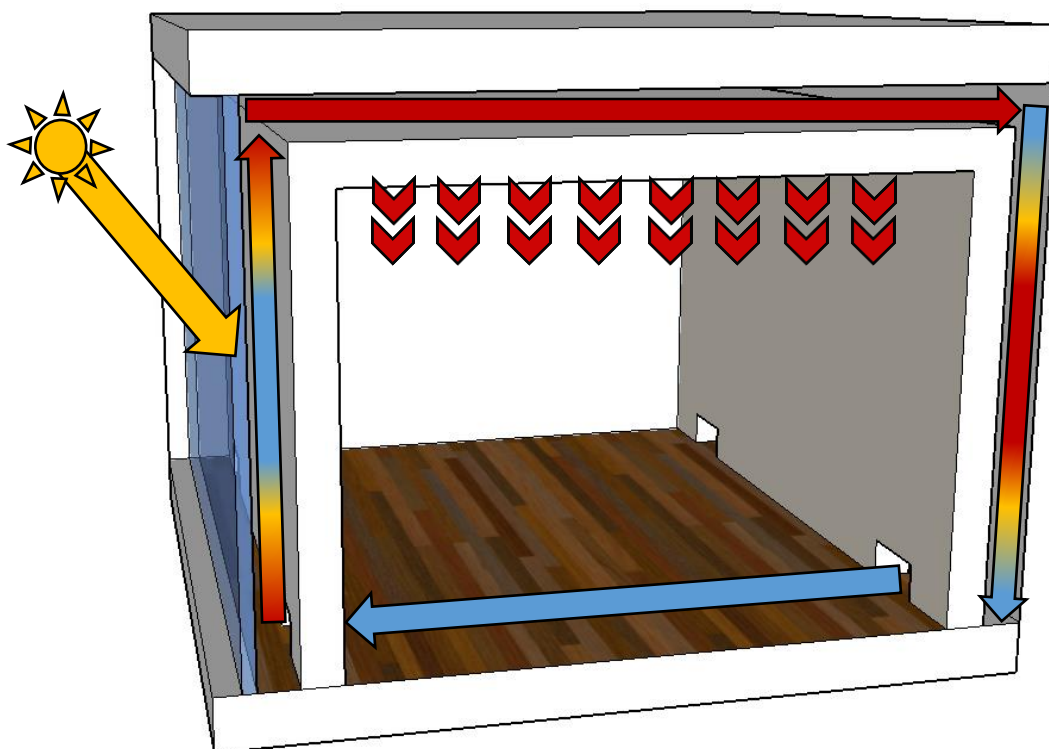


Figura 26 - Esquema de funcionamento do Sistema Barra-Constantini

### Ventilação Natural

Outro tipo de soluções existentes sobre um ponto de vista estratégico passa pela utilização de sistemas de ventilação naturais, capazes de realizar uma correta renovação do ar existente no interior de uma determinada habitação sem recorrer a dispositivos mecânicos e conseqüentemente, sem utilização acrescida de energia.

A ventilação natural dá-se devido à movimentação do ar interior de uma habitação. É uma forma de, não só controlar a temperatura, mas também renovar o ar saturado devido a atividades humanas, por ar que se encontra mais fresco e seco.

Normalmente este tipo de ventilação processa-se no interior das habitações e depende do facto de o utilizador abrir as janelas de modo a deixar o ar ser renovado, no entanto existem várias soluções construtivas que fazem permitem a ventilação natural, destacando-se que a seguir se apresentam.

### Ventilação cruzada

O sistema de ventilação cruzada favorece a ventilação natural da habitação ao criar aberturas em fachadas opostas, normalmente o seu papel é inteiramente desempenhado pelas janelas, Figura 28. Deve existir um cuidado em posicionar estas aberturas em lados cujas características dos ventos incidentes sejam substancialmente diferentes de modo a que exista uma variação de pressão responsável pela indução de movimento do ar interior, sendo portanto uma das principais razões pela qual deve existir um cuidado acrescido aquando da integração do edifício (Mendonça,2005).

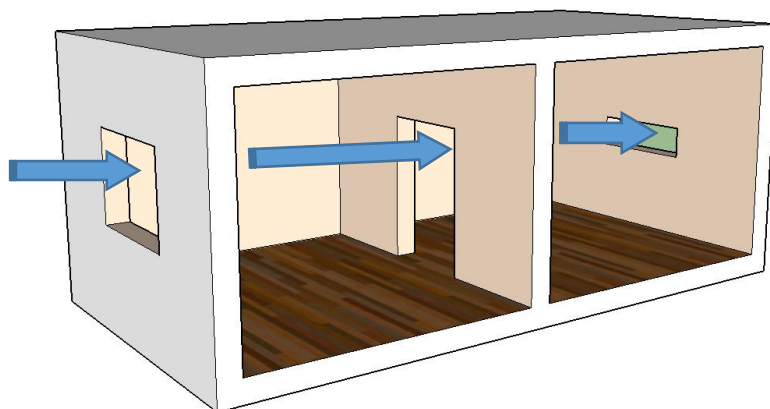


Figura 27 - Esquema de funcionamento de ventilação cruzada

### Ventilação por estratificação

A ventilação por estratificação utiliza o conceito da diferença de comportamentos de um fluido com a variação da temperatura. O ar fresco entra por uma



abertura na parte inferior do elemento opaco, originando a consequente substituição daquele que se encontra estagnado no seu interior, o qual irá ser expelido por uma outra abertura localizada também num elemento opaco, mas colocado a uma cota superior, Figura 29 (Mendonça, 2005).

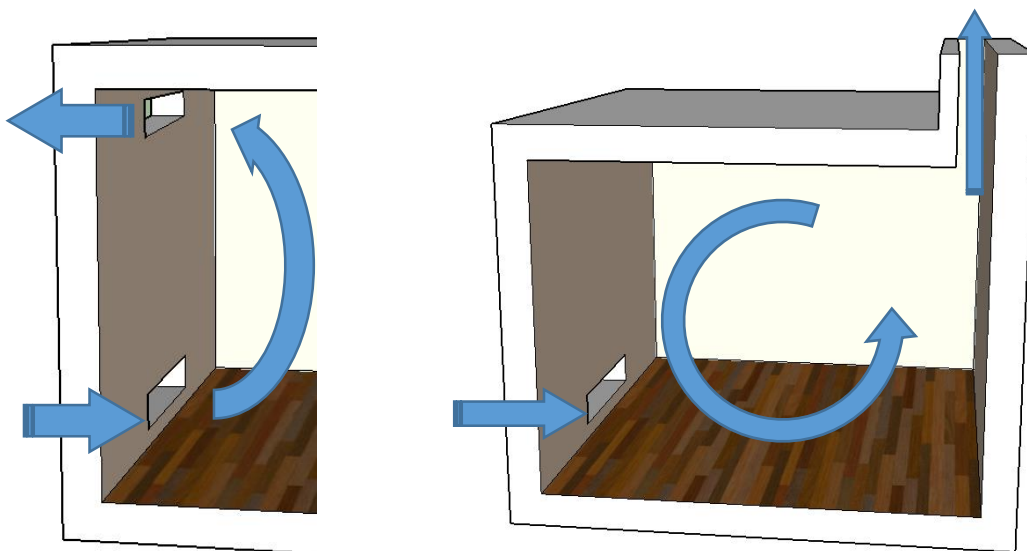


Figura 28 - Esquemas de funcionamento de ventilação por estratificação.

### Câmara solar

O sistema da câmara solar é idêntico ao anterior mas proporciona uma ajuda no movimento do ar pela instalação de uma camara solar na parte superior da habitação, Figura 30. Esta será responsável pelo aquecimento do ar inserido nela. Uma vez que este ar será aquecido, será também rapidamente substituído pelo ar frio, já que este processo se realiza mais depressa quanto maior for a variação das temperaturas (Mendonça, 2005).

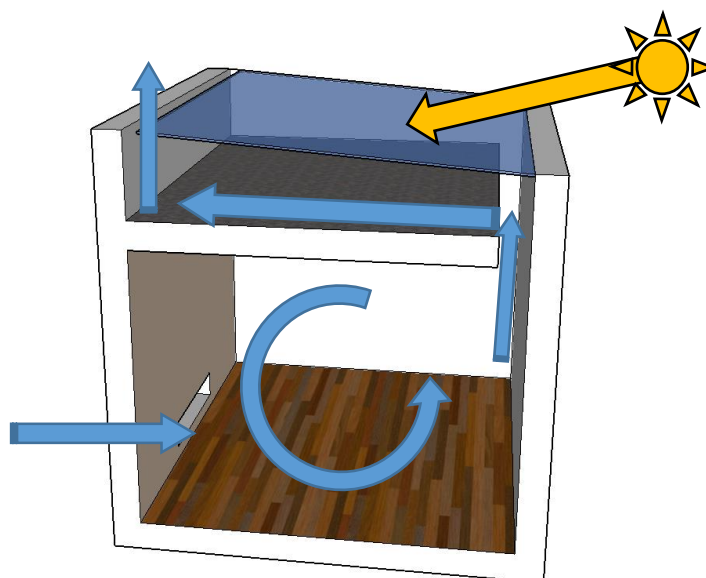


Figura 29 - Esquema de funcionamento de uma câmara solar.

### Aspiradores estáticos

Os aspiradores estáticos são dispositivos colocados na saída de ar proveniente do interior, Figura 31. O ar exterior deverá mover-se de modo constante para se conseguir obter melhor rentabilidade do aparelho. Ao ser atravessado horizontalmente pelo ar exterior irá originar um efeito de sucção que consequentemente será responsável pela aceleração da velocidade do processo de ventilação, (Mendonça,2005).

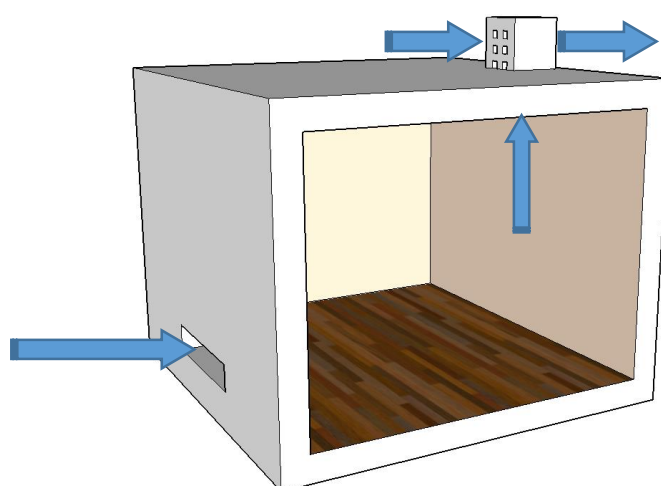


Figura 30 - Esquema de funcionamento de um aspirador estático.

## Torre de vento

Este sistema é caracterizado pela inversão do sentido em que é feito o processo de ventilação, Figura 32. Os ventos dominantes são aproveitados por uma torre que se localiza na cobertura e irão desenvolver pressões capazes de forçar o ar interior a ser renovado através de uma abertura localizada no elemento opaco em contato com o exterior (Mendonça, 2005).

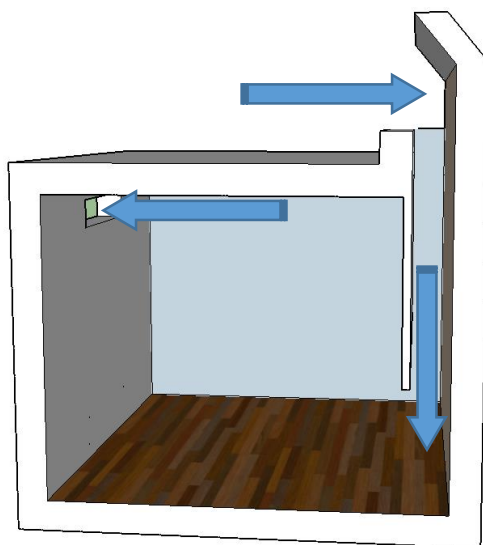


Figura 31 - Esquema de funcionamento de uma torre de vento

## Construções enterradas

As construções enterradas utilizam a variação de temperatura que existe entre o ar exterior e o solo durante a estação de Verão. Para uma variação de 1,2 m de cota, podem-se constatar alterações na temperatura do ar na ordem dos 10°C (*Balcomb et al 1993*). Como tal, é plausível a utilização de tuneis de refrigeração com uma torre de ar capaz de captar o ar exterior, encaminhando-o e arrefecendo-o através dos tuneis e reutilizando-o de modo a fazer a ventilação natural do edifício, Figura 33.

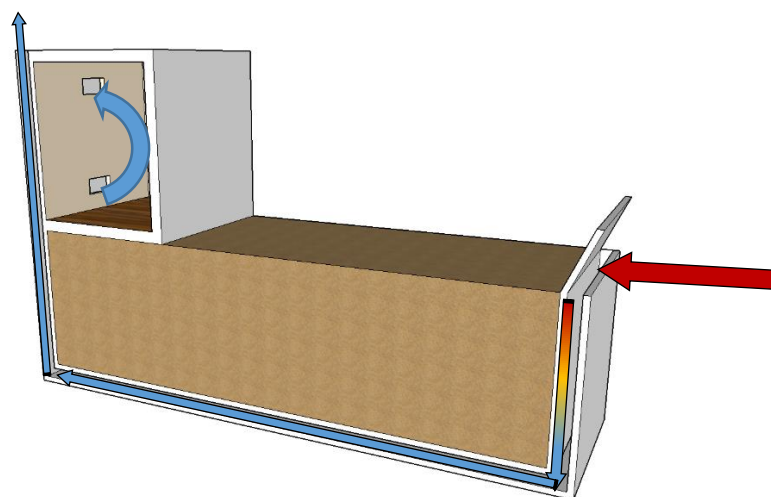


Figura 32 - Esquema de funcionamento de uma construção enterrada.

### 3.2.2.3 – Tecnologia

Uma vez definidas quais as estratégias que irão ser adotadas, passa a ser necessário realizar o estudo das tecnologias que irão ser utilizadas modo a obter os melhores resultados possíveis. Estas tecnologias são implementadas no edifício a um nível construtivo e possuem um carácter permanente pelo que devem ser corretamente dimensionadas.

#### Otimização térmica da envolvente

A otimização térmica da envolvente implica que sejam controlados não só os materiais utilizados na sua composição, mas também as espessuras de cada uma das camadas presentes nela. Uma vez que as transferências térmicas são realizadas através dos elementos de fachada em contacto com o meio ambiente, é necessário que exista um dimensionamento cuidado desta de modo a garantir que o edifício possua uma utilização energética adequada.

O correto dimensionamento dos elementos da envolvente pode fazer com que uma habitação atinja valores de necessidades energéticas de referência na estação de

aquecimento, através da captação de ganhos térmicos pelos envidraçados e o controlo da dissipação energética feita através da envolvente.

Como é possível observar na Figura 33, a quantidade de isolamento térmico utilizado na envolvente exterior possui uma importância bastante acentuada no seu desempenho. O aumento da sua espessura pode resultar na obtenção de valores de coeficientes de transmissão térmica responsáveis por um funcionamento significativamente melhor dos vãos exteriores.

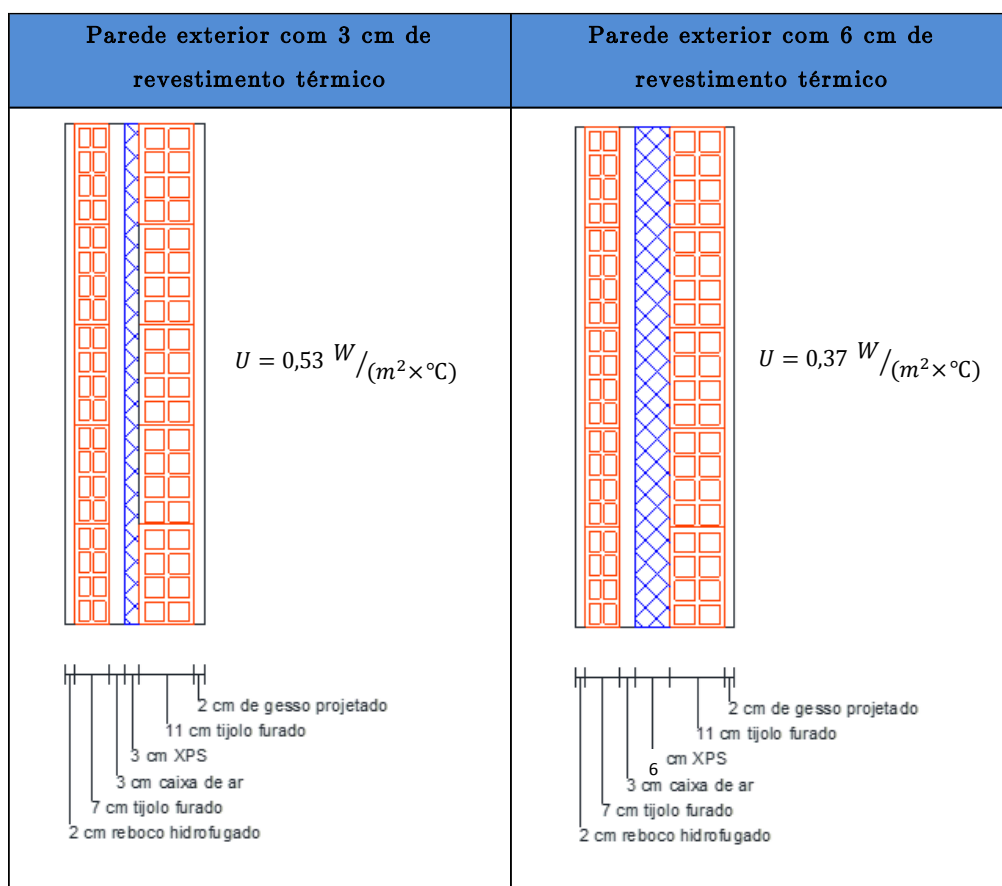


Figura 33 - Comparação entre soluções construtivas de paredes exteriores.

### Otimização dos ganhos solares

Outra solução a ser implementada passa por se fazer um estudo do modo como se poderá aproveitar ao máximo os ganhos solares através dos envidraçados. Além de se

utilizarem os sistemas passivos referidos no ponto anterior, o correto dimensionamento dos envidraçado e dos elementos responsáveis pelo bloqueio da radiação solar, poderão traduzir-se em ganhos significativos na estação de inverno, onde estes são absolutamente necessários, e num controlo apropriado da temperatura interna da habitação durante a estação de Verão.

Nas Figuras 34 e 35 é possível perceber a influência que a correta utilização da pala de sombreamento poderá ter sobre uma determinada habitação. As palas, são elementos construtivos feitos em consola na proximidade de vãos envidraçados e têm como objetivo minorar a quantidade de radiação solar que irá incidir sobre o vão, podendo ser horizontais ou verticais.

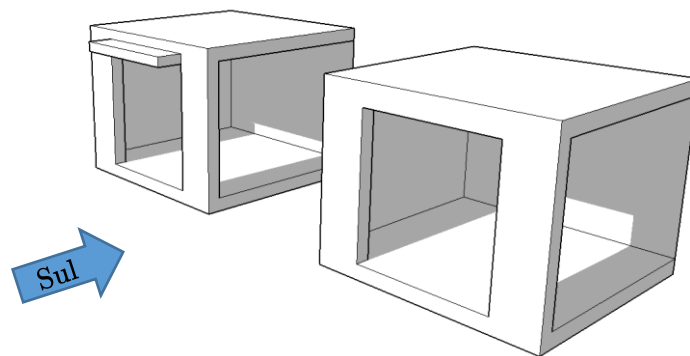


Figura 34 - Representação do aproveitamento solar do envidraçado em Dezembro com e sem pala de sombreamento

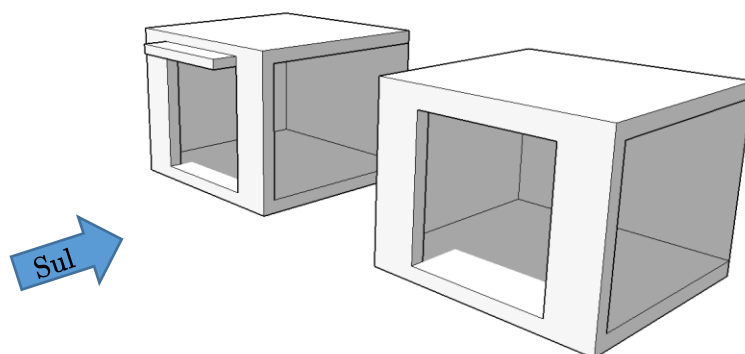


Figura 35 - Representação do aproveitamento solar do envidraçado em Agosto com e sem pala de sombreamento

Os dispositivos de proteção solar Figura 36, possuem a mesma função que as palas mas possuem também a possibilidade em serem ajustados, o que permite ao utilizador regular a sua posição de modo a obter ganhos ajustados durante a estação de arrefecimento e aquecimento.

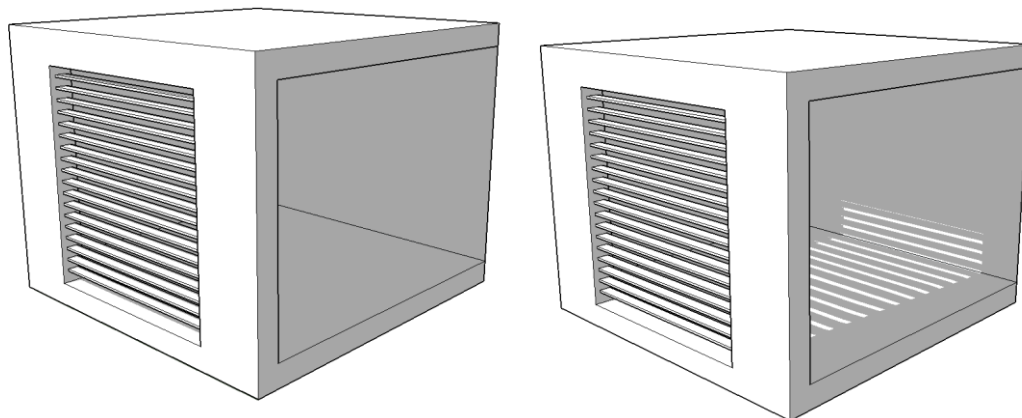


Figura 36 - Representação do aproveitamento solar do envidraçado com um sistema de proteção em Agosto e Dezembro respetivamente

#### 3.2.2.4 – Sistemas

Por fim, é necessário ter em atenção quais serão os sistemas de aquecimento, arrefecimento, preparação de águas quentes sanitárias e iluminação que irão ser utilizados, sendo que estes deverão ser os mais eficientes possíveis, de modo a que quando seja solicitado o seu funcionamento, não exista uma descompensação energética em relação ao verificado anteriormente. Todas as práticas adotadas no edifício deverão trabalhar homogeneamente, dando uma maior importância para aqueles que apresentam maiores perdas energéticas e posteriormente tratar de corrigir os aspetos menores.

#### Iluminação eficiente

A iluminação deve ter uma atenção acrescida de compatibilização com sistemas cuja preocupação seja a captação da iluminação proveniente da radiação solar, de modo

a ser possível o maior aproveitamento energético passivo. Quando for necessário utilizar os sistemas de iluminação artificial, estes devem ser de baixo consumo energético. Como se observou na introdução deste capítulo, a iluminação constitui cerca de 7% de todo o consumo energético de um edifício de habitação tipo e portanto, torna-se relativamente interessante atuar de forma a reduzir este valor, uma vez que as soluções existentes no mercado são relativamente acessíveis.

Muitas soluções utilizadas correntemente têm vindo a substituir tecnologias menos eficientes a nível energético.













Área de Iluminação	Antiga Tecnologia	Produtos que economizam energia hoje	Economia de Energia	Redução de CO <sub>2</sub> por lâmpada por ano
Iluminação viária	 Lâmpada de mercúrio de alta pressão	CosmoPolis 	58%	133 kg
Iluminação de Lojas	 Halo	Haleto metálico de descarga cerâmica 	86%	140 kg
Iluminação de escritórios e indústrias	 TL8	TLS 	61%	94 kg
Iluminação de residências	 Incandescente	CFLi 	90%	42 kg
Iluminação de residências	 Incandescente	Redutor de energia helógena 	30%	16 kg
LEDs	 Incandescente	LED 	80%	40 kg

Figura 37 – Eficiência das opções comerciais de iluminações (Philips Brasil).

### Sistemas de climatização e de produção de águas quentes sanitárias

Os sistemas de climatização existentes nas habitações são os responsáveis pela manutenção da temperatura interior e pela produção das águas quentes sanitárias. Existem sistemas que auxiliam neste processo de produção, através de painéis solares responsáveis por um aquecimento paralelo da massa de água, ou painéis fotovoltaicos responsáveis pela produção da energia necessária para realizar este processo, entre muitos outros. Como tal é necessário que os seus rendimentos sejam os mais elevados possíveis de modo a não existirem desperdícios associados à utilização destes equipamentos.



É importante ter atenção que estes equipamentos não trabalham separadamente das tecnologias ou estratégias que foram referidas anteriormente, existindo uma relação de apoio entre elas. Uma vez feita a climatização do ambiente interior do edifício, será feita uma retardação da transferência de energia do interior para o exterior da habitação, por parte dos elementos construtivos.

Relativamente à produção de águas quentes sanitárias, existem várias formas de realizar este processo recorrendo à utilização de energias renováveis. Parte da energia necessária à sua produção pode ser produzida por painéis solares, sistemas de termossifão, bombas de calor, dentro de outros.

As estratégias e tecnologias mencionadas devem ser aplicadas no edifício de forma a garantir um funcionamento homogêneo por sua parte. É relevante mencionar que apesar de existirem elementos com uma maior importância para se atingir uma elevada sustentabilidade energética, o incorreto dimensionamento de vários elementos com uma importância menor poderá conduzir a um edifício com uma eficiência energética relativamente inferior. É necessário que seja feito um estudo, de forma a concluir quais os elementos que podem ser devidamente dimensionados sobre uma ótica de relação entre o seu custo, e o seu impacto energético sobre o edifício.



## Capítulo 4 – Caso de estudo

### 4.1 – Introdução

O presente capítulo tem como principal objetivo a aplicação do regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação (REH) a um edifício, de modo a verificar se é possível um edifício com necessidades de energia relativamente baixas podendo ganhar a designação de edifício com necessidades energéticas quase nulas. Irão ser utilizados valores de referência estabelecidos pelo próprio regulamento de forma a concluir, se uma aplicação tendo em atenção soluções construtivas que promovam um desempenho energético elevado do edifício.

Tendo em conta que para além dos equipamentos de produção de energias renováveis, a única forma de obter ganhos energéticos de origem renovável é através dos envidraçados, será feito um estudo relativamente ao impacto destes segundo diversas orientações apresentando qual a melhoria em termos percentuais e realizando uma comparação entre várias soluções.

Inicialmente será feito o cálculo dos ganhos e necessidades nominais de energia útil na estação de aquecimento e arrefecimento, assim como as necessidades nominais de energia primária para um edifício habitacional.

Uma vez calculados estes parâmetros, serão feitos ajustes no edifício de forma a induzir melhorias tanto na classificação energética deste, como também dos ganhos efetuados nas respetivas estações, estes serão:

- Determinação das necessidades energéticas para o condicionamento térmico uma vez feita uma alteração da orientação da fachada principal para Sul.

- Determinação das necessidades energéticas para o condicionamento térmico quando se introduz um envidraçado de pequena dimensão orientado a Sul na planta original.
- Determinação das necessidades energéticas para o condicionamento térmico para áreas de envidraçados progressivamente superiores orientadas a Sul

O objetivo deste capítulo passa por observar se é possível obter uma habitação com necessidades energéticas reduzidas, apenas com a utilização de valores de referência estipulados pelo REH para os elementos construtivos. Os valores de referência são responsáveis pela criação de um padrão no processo de classificação energética.

## 4.2 - Descrição da habitação em estudo

O edifício de habitação em estudo localiza-se na Avenida Dr. Ezequiel de Campos em Leça do Balio, Matosinhos e possui uma cota topográfica de 76 m.



Figura 38 - Implantação da habitação; Fonte: Google Earth; Coordenadas GPS: 41.210007, -8.629615.

Este fará parte de um conjunto de edifícios construídos em banda, conforme mostra o Anexo J e irá ser implantado numa zona urbana sendo constituído por cave (parcialmente enterrada) e dois pisos.

A cave é destinada a garagem e tem uma zona de entrada que dá acesso às escadas que conduzem ao rés-do-chão, Figura 39. O rés-do-chão é constituído por um vestíbulo, sala de estar voltada a Este, cozinha voltada a Oeste e casa de banho, Figura 40. O 1º piso é constituído por uma casa de banho, dois quartos voltados a Este, sendo que um deles possui acesso a uma casa de banho e dois quartos voltados a Oeste, Figura 40.

O edifício apresenta a sua fachada principal voltada a Nascente e a sua fachada posterior voltada a Poente.

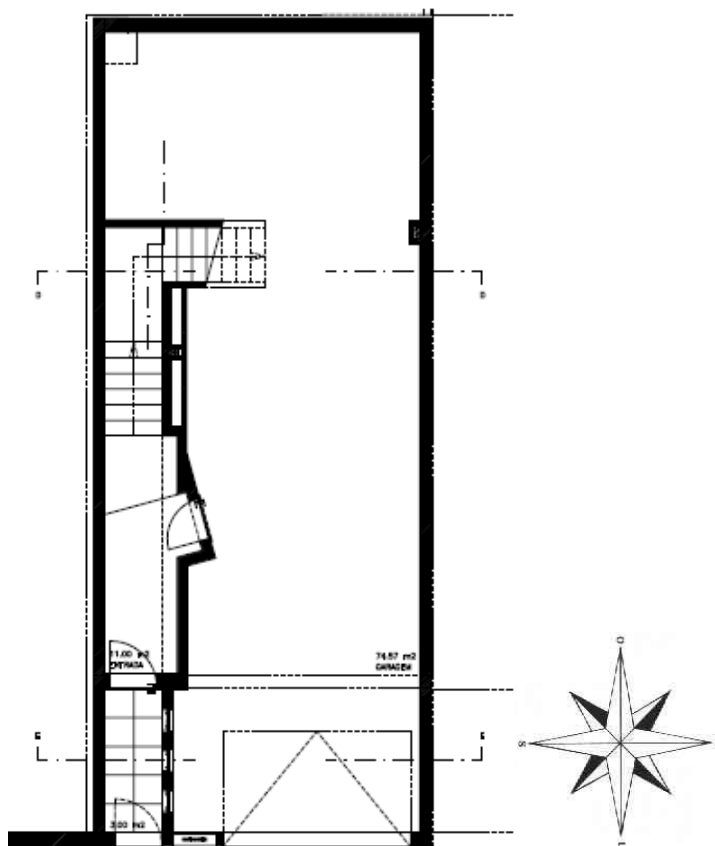


Figura 39 - Planta da Cave.



Figura 40 - Planta do rés-do-chão e 1º piso respetivamente.

De seguida são apresentadas as fachadas dos alçados Nascente, Figura 41 e Poente, Figura 42. Em adição foi feita uma representação do edifício em 3D que se encontra no Anexo A, de modo a proporcionar um melhor entendimento das suas características.

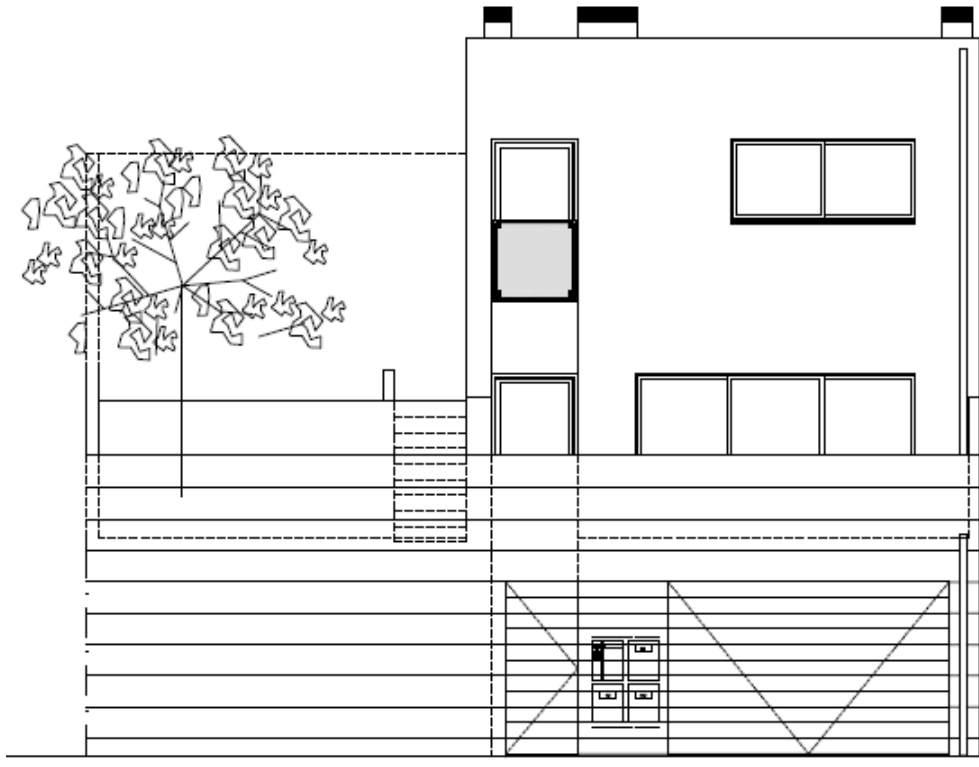


Figura 41 - Alçado Nascente.

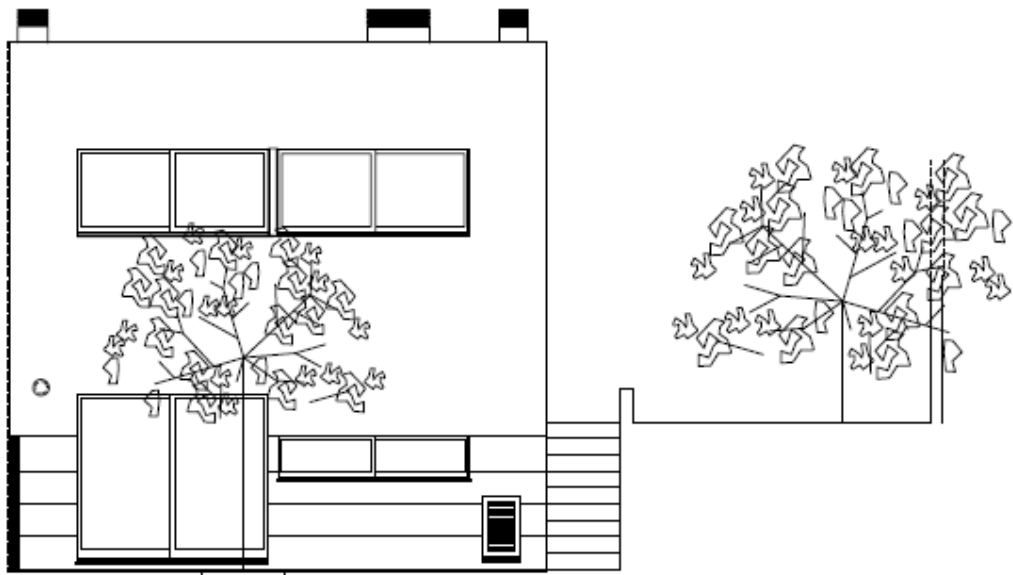


Figura 42 - Alçado Poente

## 4.3 – Levantamento e cálculo de parâmetros

### 4.3.1 – Levantamento dimensional

#### 4.3.1.1 – Pé-direito

O pé-direito da habitação em questão mantém-se constante ao longo de toda a sua planta, foi medido desde o revestimento do piso até ao teto e toma o valor de 2,6 m.

#### 4.3.1.2 – Área útil de pavimento

A área útil de pavimento é definida pela soma das áreas, medidas em planta pelo perímetro interior das paredes, de todos os compartimentos de uma fração autónoma de um edifício, incluindo vestíbulos, circulações internas, instalações sanitárias, arrumos interiores, outros compartimentos de função similar e armários nas paredes.

Estas medições estão preconizadas nas plantas que foram disponibilizadas em anexo e estão representas na Tabela 32.

Tabela 32 - Área útil de pavimento.

Divisão	Área (m <sup>2</sup> )
Quarto 1	10,5
Quarto 2	10,2
Quarto 3	13,7
Quarto 4	11,7
Cozinha	13,7
Sala	34,2
Casa de banho 1	4,0
Casa de banho 2	4,1
Casa de banho R/C	2,5
Vestibulo	7,2
Arrumos	3,0
Entrada	11,0
Corredor	6,2
Área Util de Pavimento	131,9

Divisão	Área (m <sup>2</sup> )
Garagem	74,6
Lavandaria	4,3



#### 4.3.1.3 – Área de janelas

As áreas de envidraçados foram medidas diretamente dos desenhos previamente apresentadas no ponto 4.2, Tabela 33.

Tabela 33 - Área de envidraçados

Envidraçados exteriores				
Divisão	Orientação	Dimensões (m)		Área (m <sup>2</sup> )
Quarto 1	O	2,3	1,0	2,3
Quarto 2	O	2,3	1,0	2,3
Quarto 3	E	2,3	1,0	2,3
Quarto 4	E	1,1	2,1	2,3
Quarto de banho	S	1,2	0,5	0,6
Cozinha	O	2,3	0,5	1,2
	O	1,2	2,1	2,5
Sala	E	1,1	2,1	2,3
	E	3,5	2,1	7,4
Total	O			8,3
	S			0,6
	E			14,3
Envidraçados para espaços não aquecidos				
Divisão	Orientação	Dimensões (m)		Área (m <sup>2</sup> )
Lavandaria	O	1,2	2,1	2,5

Todos os envidraçados da habitação serão efetivados com a seguinte solução:

- As janelas são constituídas por caixilharia de classe 4 de permeabilidade e vidro duplo, sendo que a lâmina exterior é incolor com espessura entre 4 mm e 8 mm, e a interior é incolor com 5 mm de espessura.

- A caixa de estore será devidamente isolada termicamente e possui permeabilidade baixa.

#### 4.3.1.4 – Área de paredes exteriores e paredes para espaços não aquecidos

A área de paredes exteriores e paredes com acesso para espaços não úteis (ENU) foram retiradas das plantas, anexo I.

Tabela 34 - Área de paredes exteriores e paredes para ENU.

Andar	Elemento	Orientação	Área (m <sup>2</sup> )
Cave	Parede Exterior	S	40,7
	Parede Exterior	E	6,9
	Parede Exterior	O	16,9
	Parede Sem Requisitos	N	21,5
R/C	Parede Exterior	S	36,1
	Parede Exterior	E	7,2
	Parede Exterior	O	8,4
	Parede Para lavandaria	O	2,3
	Parede Para lavandaria	N	7,5
	Parede Sem Requisitos	N	28,6
1º Andar	Parede Exterior	S	35,5
	Parede Exterior	E	12,3
	Parede Exterior	O	12,3
	Parede Sem Requisitos	N	36,1

#### 4.3.2 – Dados climáticos

O edifício de habitação localiza-se na freguesia de Leça do Balio, concelho de Matosinhos no Grande Porto, de acordo com o Despacho nº 15793-F/2013 as características do local são:

- Graus-dia REF = 1250 °C
- $\theta_{ext,v} = 20,9$  °C
- $\theta_{ext,i} = 9,9$  °C
- Altitude 76 m
- Duração da estação de aquecimento = 6,16 meses
- GSul = 130 kWh/m<sup>2</sup>
- Intensidade da radiação solar – N=220 kWh/m<sup>2</sup>; E = 420 kWh/m<sup>2</sup>; S = 425 kWh/m<sup>2</sup>; O = 490 kWh/m<sup>2</sup>

De acordo com o zonamento climático estabelecido pelo REH, o edifício encontra-se numa zona climática classificada como I1 e V2.

### 4.3.3 – Quantificação de parâmetros térmicos

#### 4.3.3.1 - Coeficiente de redução de perdas

O coeficiente de redução de perdas (btr) traduz a redução da transmissão de calor. Na impossibilidade de determinar com precisão a temperatura do ENU, admite-se que para alguns tipos de espaços o valor de btr pode tomar valores tabelados do REH em função da taxa de renovação do ar e de:

$$\frac{A_i}{A_u} \quad Venu$$

$A_i$  – Somatório das áreas que separam o espaço interior útil do não útil.

$A_u$  – Somatório das áreas que separam o espaço não útil do ambiente exterior.

$Venu$  – Volume do espaço não útil.

Os dois espaços não uteis existentes nesta habitação são a lavandaria e a garagem pelo que o cálculo de btr será feito conforme as Figuras 43 e 44.

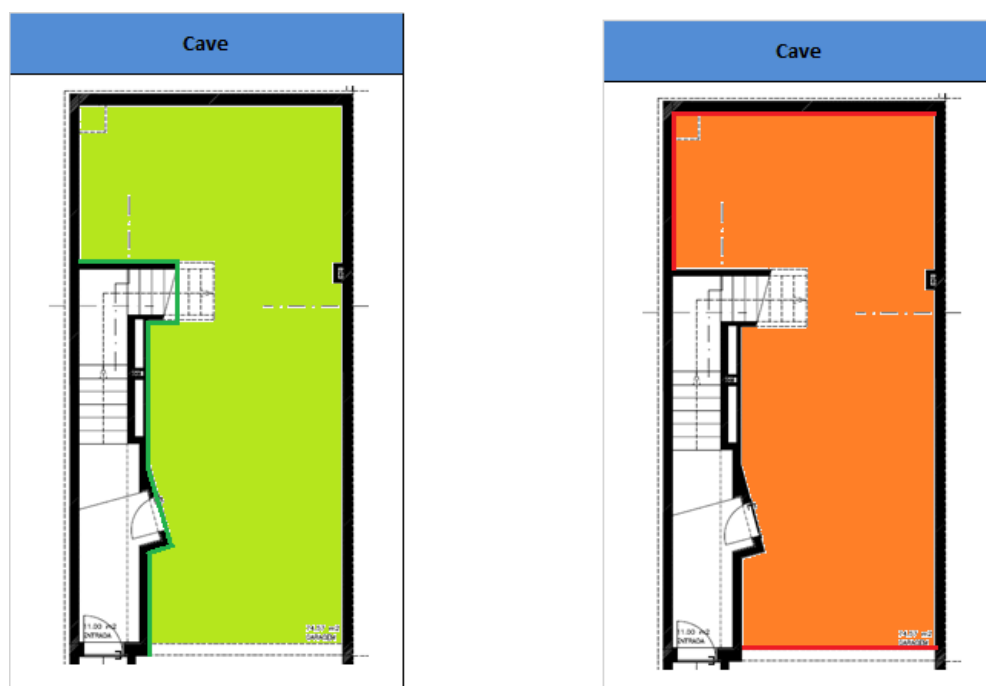


Figura 43- Áreas para o cálculo de  $A_i$  e  $A_u$  na garagem, respetivamente.

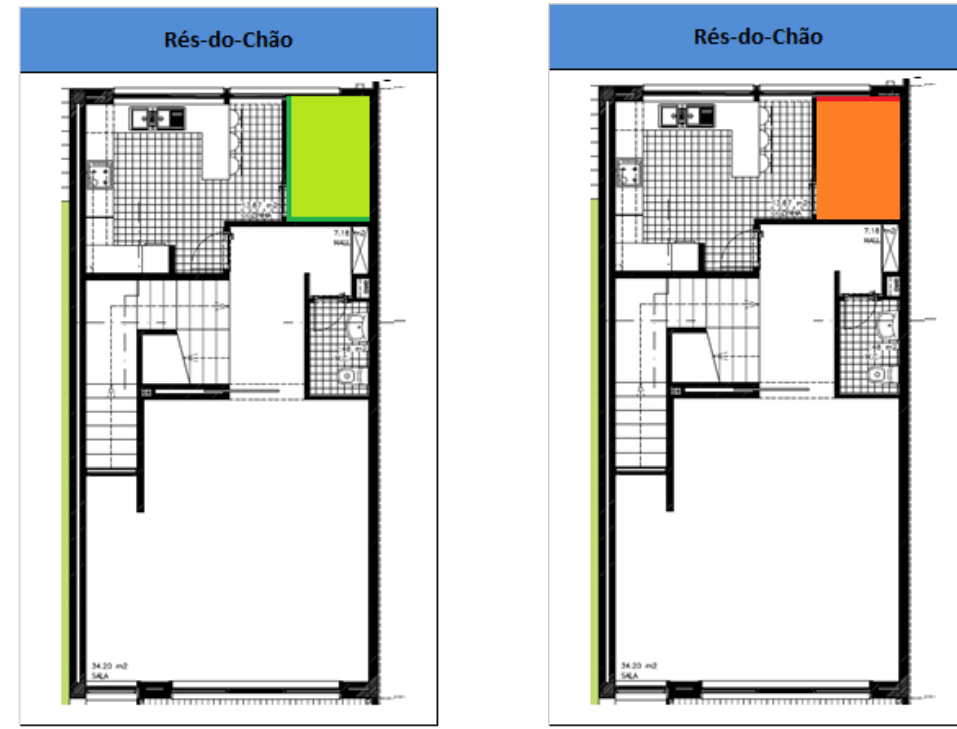


Figura 44 - Áreas para o cálculo de  $A_i$  e  $A_u$  na lavanderia, respetivamente

Deste modo os valores considerados para o coeficiente de redução de perdas do edifício são os apresentados pela Tabela 35.

Tabela 35 - Coeficiente de redução de perdas btr.

Espaço	$A_i$ [m <sup>2</sup> ]	$A_u$ [m <sup>2</sup> ]	$A_i/A_u$	$V_{enu}$ [m <sup>3</sup> ]	btr
Lavandaria	15,5	8,7	1,8	11,2	0,8
Garagem	102,9	108,4	0,9	179,0	0,8

Deste modo está definida a envolvente da habitação onde:

- Envolvente exterior
- Envolvente interior com requisitos de exterior
- Envolvente sem requisitos

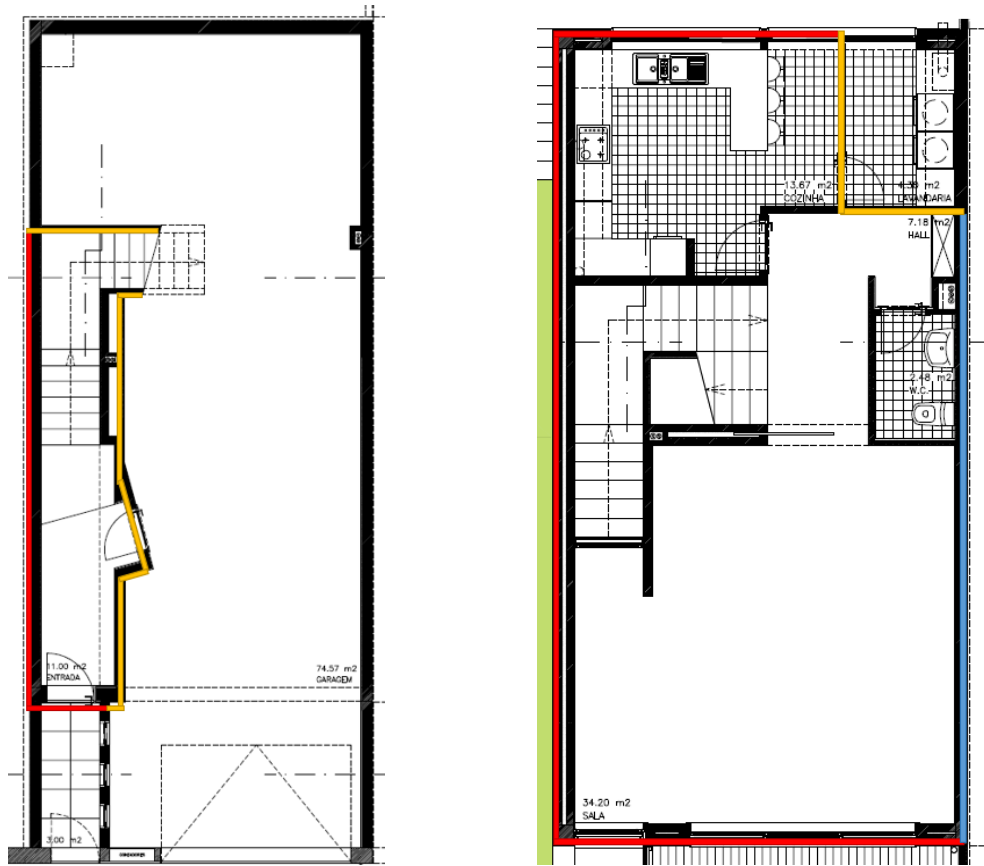


Figura 45 - Delineação das envolventes na Cave e rés-do-chão

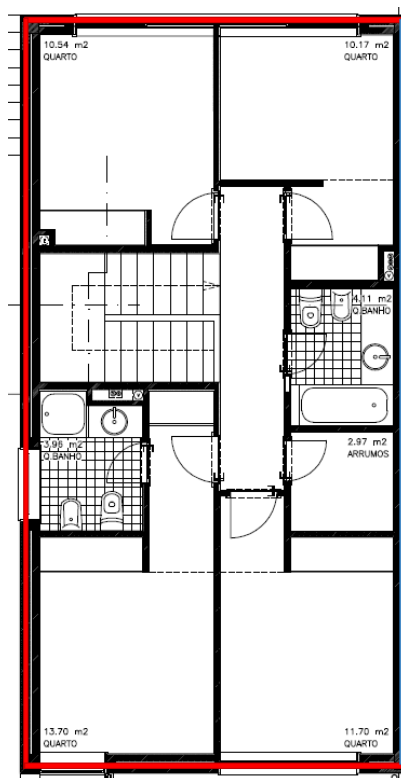


Figura 46 - Delineação das envolventes no 1º andar.

#### 4.3.3.2 – Coeficientes de transmissão térmica

O coeficiente de transmissão térmica de um elemento (U) caracteriza a transferência de calor que ocorre entre os ambientes que este separa.

O âmbito deste trabalho passa por verificar se a utilização dos valores de referência regulamentares conduz a um edifício com necessidades quase nulas de energia, portanto os valores referentes a coeficientes de transmissão térmica são os que foram estabelecidos como valores de referência. É possível obter os valores de referência, através de variadas soluções construtivas, sendo que para cada elemento construtivo é representada uma delas como exemplo ilustrativo.

Tabela 36 - Valores dos coeficientes de transmissão térmica de referência adotados na habitação

Elemento		Uref [W(m <sup>2</sup> .°C)]
Em contacto com o exterior ou com espaços não uteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} > 0,7$	Elemento opaco vertical	0,40
	Elemento opaco horizontal	0,35
Em contacto com outros edificios ou espaços não uteis	Elemento opaco vertical	0,80
	elemento opaco horizontal	0,70
Vãos envidraçados (portas e janelas) (Uw)		2,80
Elementos em contacto com o solo		0,50

#### 4.3.3.2.1 – Paredes exteriores

Todas as paredes exteriores serão dotadas de soluções construtivas que conduzam para um coeficiente de transmissão térmica igual àquele que é estipulado pelo REH para valor de referência adotado a partir de 31 de dezembro de 2015, uma vez que será nesta data que os valores tomarão um carater mais exigente. Os valores adotados são os seguintes:

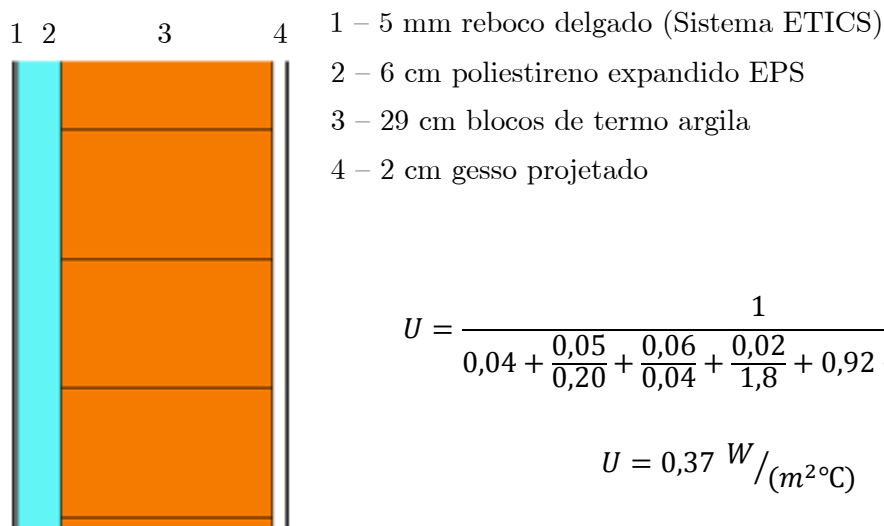


Figura 47 - Exemplo de uma parede exterior com U de referência.

A porta de entrada da habitação, é uma porta mista a qual permite obter coeficientes de  $U=0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{°C})$ , através da conjugação da madeira no lado interior e do alumínio no exterior.

#### 4.3.3.2.2 – Elementos em contato com o solo

O coeficiente de transmissão térmica de elementos em contato com o solo caracteriza o modo como é feita a transferência de calor entre o ambiente interior e o terreno adjacente ao elemento. Pode ser determinado com base em tabelas propostas pelo REH. No entanto serão utilizados os valores de referência propostos pelo regulamento, sendo que na Figura 48 é apresentado um exemplo de uma solução que respeita os valores, segundo o ITE 50.

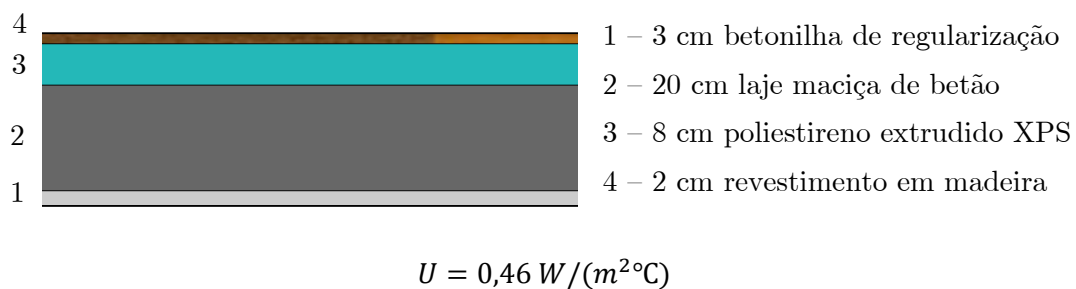


Figura 48 - Exemplo de uma laje de pavimento em contato com U de referência

#### 4.3.3.2.3 – Cobertura

Os valores de U para as coberturas irão respeitar os valores de referência propostos pelo REH sendo que na Figura 49 é possível ver um exemplo de uma cobertura que respeita o valor regulamentar, segundo o ITE 50.

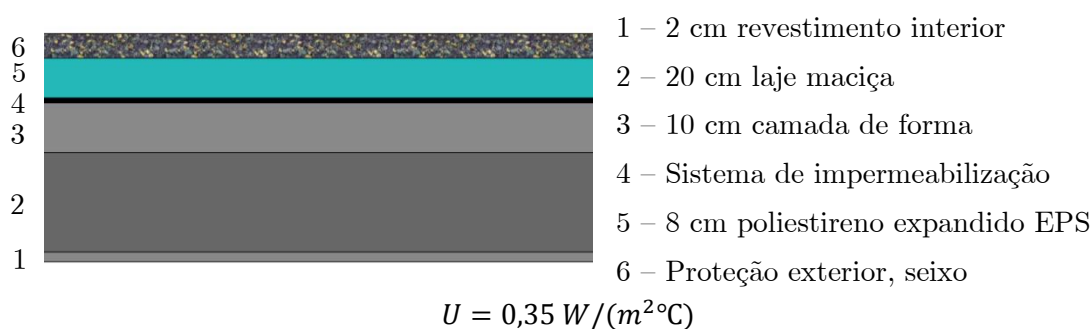


Figura 49 - Exemplo de uma laje de cobertura com U de referência

#### 4.3.3.2.4 – Pontes térmicas planas

As pontes térmicas planas são heterogeneidades existentes entre vários elementos e são normalmente caracterizadas pela disparidade dos valores dos coeficientes de transmissão térmica de ambos.

Uma vez que não está definida a localização e configurações construtivas dos elementos estruturais, nomeadamente os pilares e as vigas, irão ser utilizadas as regras simplificadas utilizadas na NT-SCE-01.

*“No âmbito do cálculo das perdas planas de calor por condução através da envolvente, caso as soluções construtivas, designadamente o isolamento térmico contínuo pelo exterior e paredes exteriores em alvenaria de pedra, garantam a ausência ou reduzida contribuição de zonas de ponte térmica plana, dispensa-se a determinação rigorosa das áreas e dos coeficientes de transmissão térmica das zonas de pilares, vigas, caixas de estore e outras heterogeneidades, podendo ser considerado para estes elementos o*



coeficiente de transmissão térmica da zona corrente de envolvente.”, (Despacho nº15793-E/2013).

#### 4.3.3.2.5 – Pontes térmicas lineares

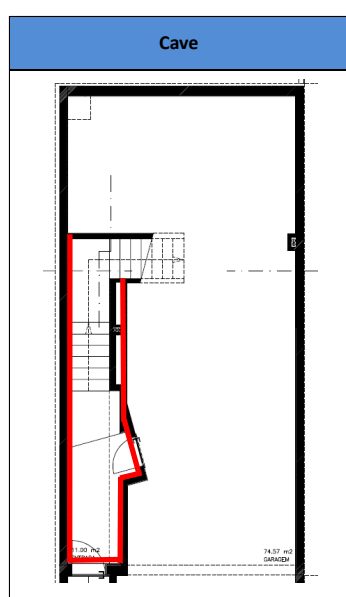
As pontes térmicas lineares são zonas onde dois elementos construtivos diferentes se interseam originando uma zona que apresenta uma resistência térmica significativamente alterada. É necessário identificar qual será o coeficiente de transmissão térmica linear ( $\psi$ ) a utilizar, e a extensão que a ligação dos dois elementos possui. Os valores de  $\psi$  são apresentados na Tabela 37.

Tabela 37 - Valores por defeito para os coeficientes de transmissão térmica lineares.

Tipo de ligação	$\psi$ [W/(m.°C)]
Fachada com pavimento terreo	0,50
Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não	0,50
Fachada com cobertura	0,50
Fachada com pavimento de nivel intermedio	0,50

Tipo de ligação	$\psi$ [W/(m.°C)]
Fachada com varanda	0,50
Duas parades verticais em angulo saliente	0,40
Fachada com caixilharia	0,20
Zona de caixa de estore	0,20

#### Fachadas com pavimentos térreos



$$B = 8,5 + 1,3 + 2,2 + 0,5 + 1,7 + 3,6 \text{ (m)}$$

$$B = 9,8 \text{ m}$$

$$B = 8,0 \text{ m (btr} = 0,8)$$

Figura 50 - Ponte térmica linear de fachada com pavimento térreo.

Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido

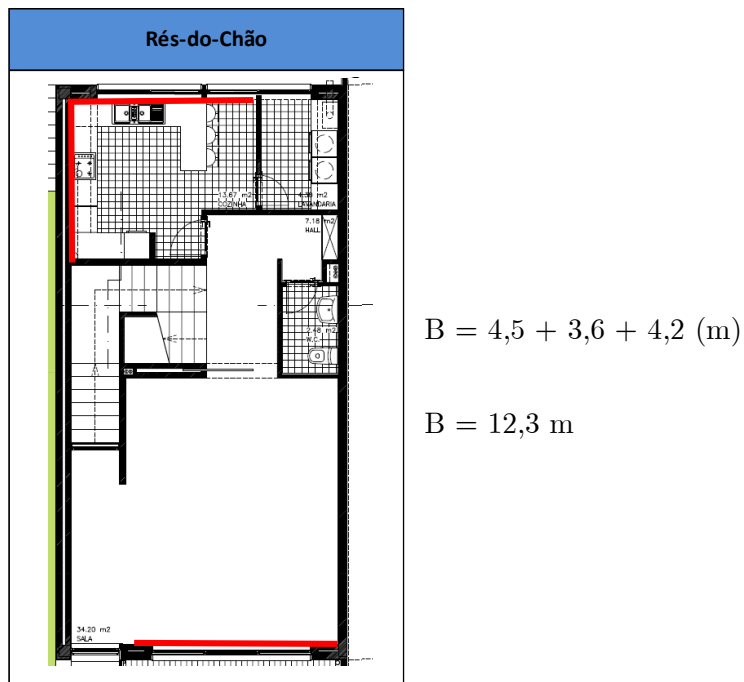


Figura 51 – Ponte térmica linear de fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido.

Fachada com cobertura

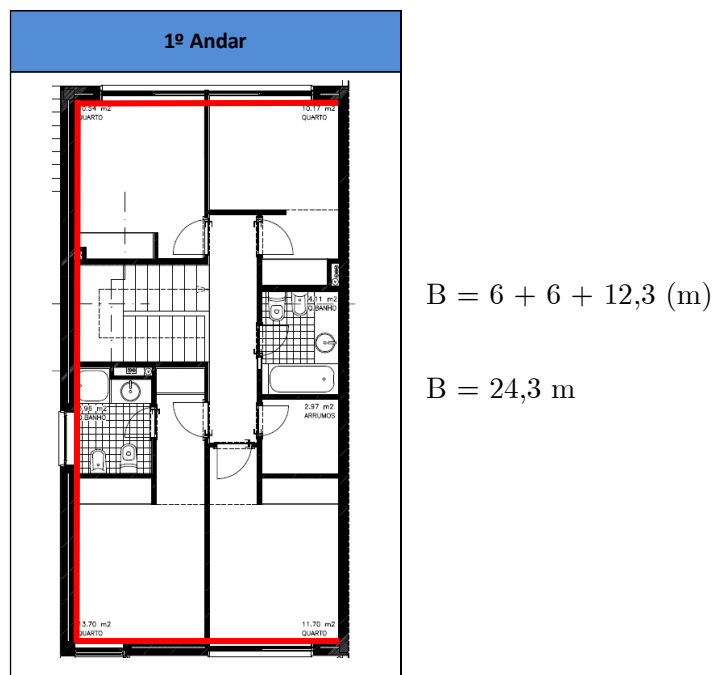


Figura 52 - Ponte térmica linear de Fachada com cobertura.

Fachada com pavimento de nível intermedio

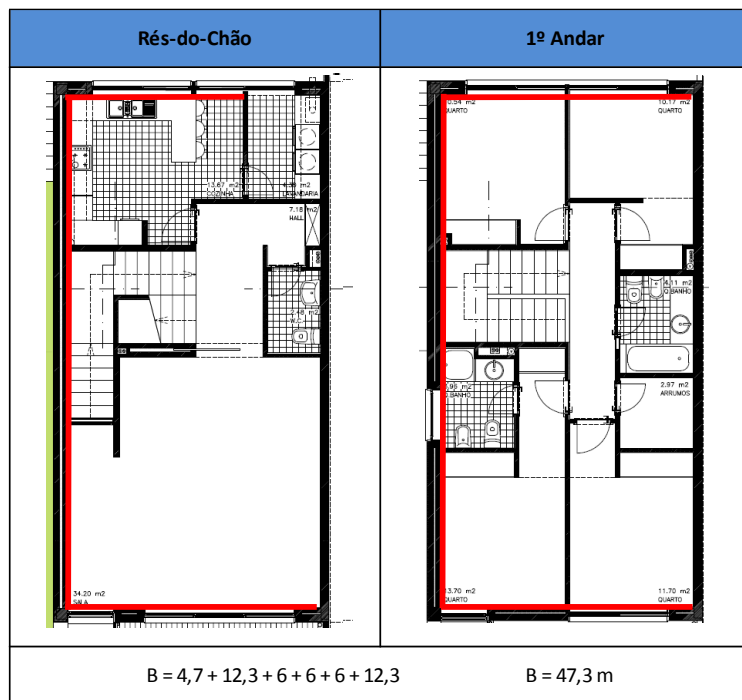


Figura 53 - Ponte térmica linear de fachada com pavimento de nível intermédio.

Paredes verticais em angulo saliente

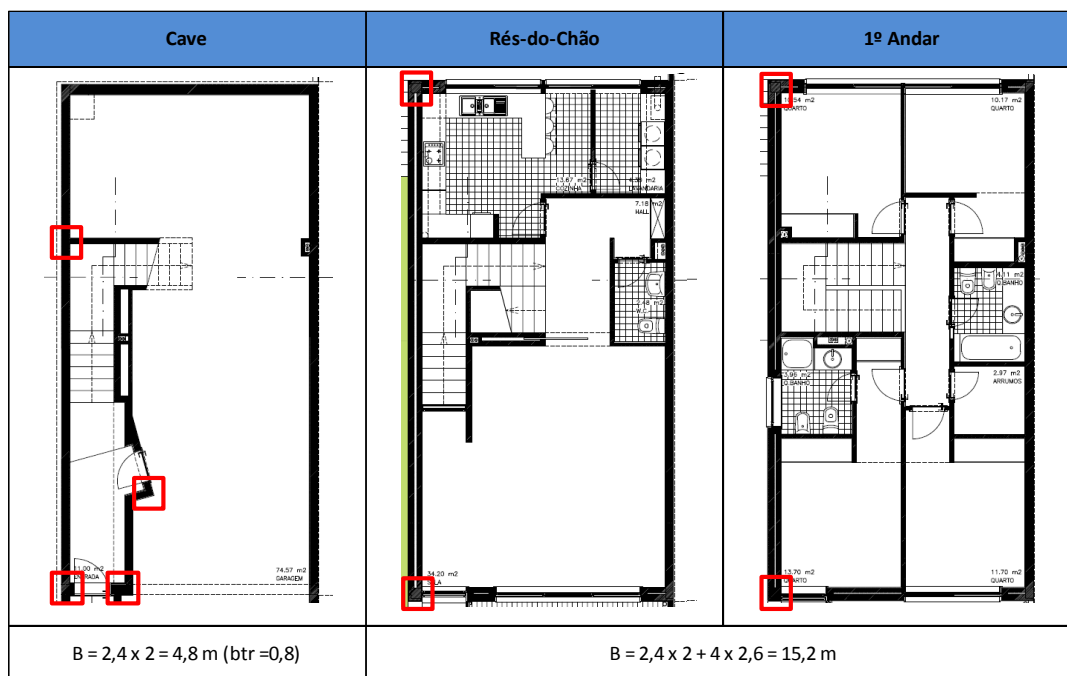
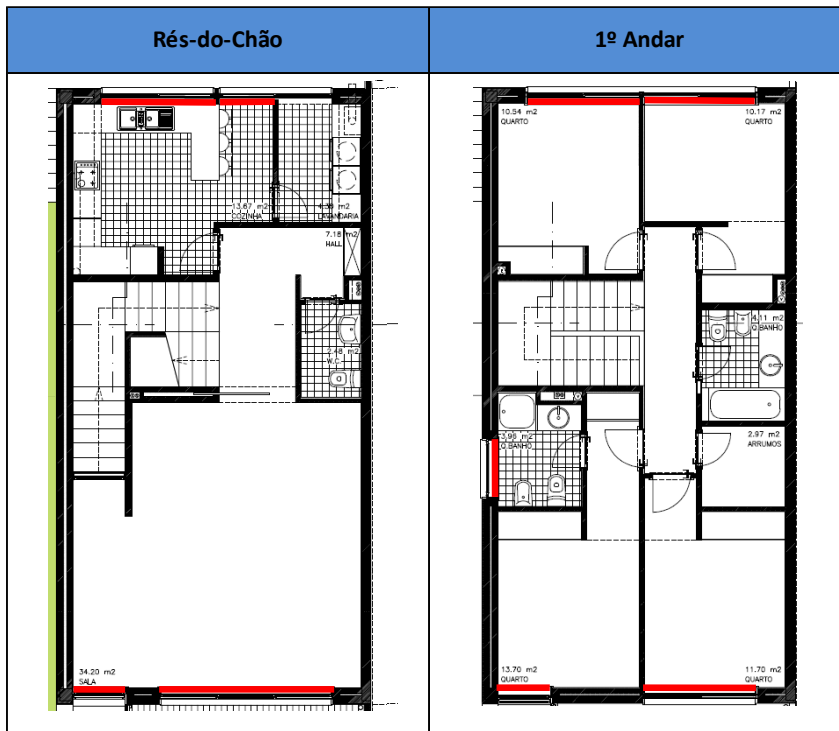


Figura 54 - Ponte térmica linear de paredes verticais em angulo saliente

Fachada com caixilharia



$$B = 59,4 \text{ m}$$

Figura 55 - Ponte térmica linear de fachada com caixilharia.

Zona da caixa de estore



Figura 56 - Ponte térmica linear de fachada com caixa de estores.

## Parede para espaços não uteis com pavimento

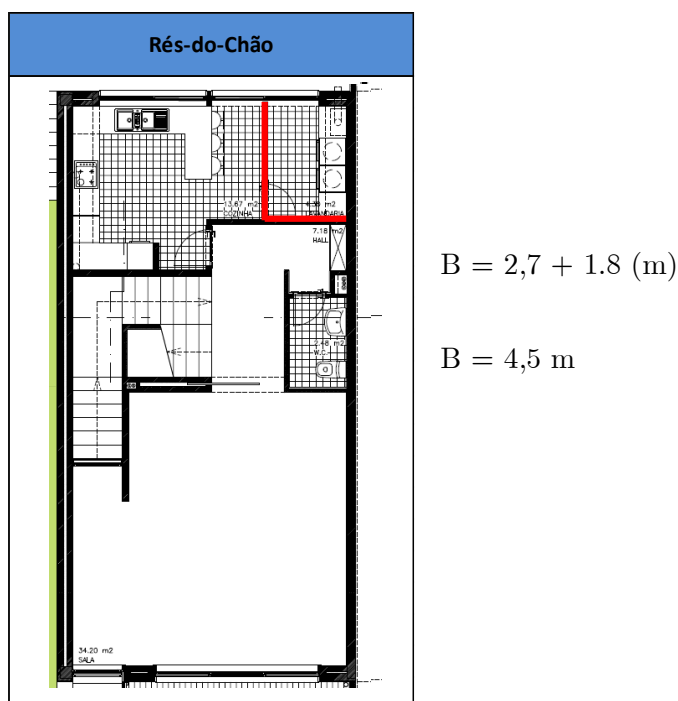


Figura 57 - Ponte térmica linear de parede de lavanderia com pavimento.

### 4.3.3.3 – Inércia térmica

A inércia térmica está relacionada à transferência de calor entre o ambiente interior e exterior. Uma elevada inércia térmica significa que o edifício irá reter uma grande parte do calor que é incidido para posteriormente, em horas de menor incidência, possa ser libertado.

De modo a quantificar qual a classe de inércia térmica do edifício de habitação utiliza-se a seguinte expressão de cálculo:

$$I_t = \frac{\sum_i M_{S_i} \times r \times S_i}{A_p}$$

$M_{S_i}$  – Massa superficial útil do elemento

$r$  – Fator de redução da massa superficial útil

$S_i$  – Área da superfície interior do elemento

$A_p$  – Área útil de pavimento

Para o cálculo da inércia térmica, admitiu-se que os isolamentos térmicos são colocados de forma a não existirem reduções significativas de massas superficiais úteis dos elementos.

Tendo em consideração que as construções em Portugal são tradicionalmente caracterizadas como sendo de peso elevado, e assumindo que se estão a utilizar os valores de referência e que conduzirão para a utilização de materiais com boas características de resistência térmica, que implicam por sua vez um fator de redução de massa superficial unitário, é plausível estipular à partida que a habitação em questão é caracterizada como sendo de inércia térmica forte.

#### 4.3.3.4 – Características dos vãos envidraçados

##### 4.3.3.4.1 – Fator solar de vãos envidraçados

Para o cálculo das necessidades de aquecimento, de acordo com o REH considera-se que de forma a maximizar o aproveitamento da radiação solar, os dispositivos de proteção solar móveis estão totalmente abertos. (Despacho n° 15793-K/2013)

$$g_i = F_{w,i} \times g_{\perp,vi}$$

$g_i$  – Fator solar do envidraçado na estação de aquecimento.

$F_{w,i}$  – Fator de seletividade angular.

$g_{\perp,vi}$  – Fator solar do envidraçado.

Vidro duplo incolor 5 mm mais incolor 4 a 8 mm -  $g_{\perp,vi} = 0,75$

$$g_i = 0,9 \times 0,75 = 0,68$$

Para o efeito de cálculo das necessidades de arrefecimento, o REH estipula que, de forma a minimizar a incidência de radiação solar, os dispositivos de proteção solar

móveis encontram-se ativos uma fração do tempo dependente do octante no qual o vão está orientado.

$$g_v = F_{mv} \times g_T + (1 - F_{mv}) \times g_{Tp}$$

$g_v$  – Fator solar do envidraçado na estação de arrefecimento.

$F_{mv}$  – Fração de tempo em que os dispositivos de proteção solar se encontram totalmente ativos.

$g_T$  – Fator solar global do vão envidraçado, com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes ou moveis totalmente ativos.

$g_{Tp}$  – Fator solar global do envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes ativos.

Dispositivos de proteção adotados:

Exterior: Persiana de régua plásticas cor clara-  $g_{T,vc} = 0,04$

Tabela 38 - Fatores solares dos vãos envidraçados na estação de arrefecimento

Orientação	$F_{mv}$	$F_{w,v}$	$g_{T,vi}$	$g_T$	$g_{Tp}$	$g_i$	$g_v$
Norte	0,00	0,80	0,75	0,04	0,60	0,68	0,60
Sul	0,60	0,75	0,75	0,04	0,56	0,68	0,25
Este	0,60	0,85	0,75	0,04	0,64	0,68	0,28
Oeste	0,60	0,85	0,75	0,04	0,64	0,68	0,28

#### 4.3.3.4.2 – Fração envidraçada

Para efeito de cálculo na aplicação do regulamento, é necessário estabelecer qual o valor da fração envidraçada tendo em conta o tipo de caixilharia existente. Como tal será preconizada uma caixilharia de alumínio sem a existência de quadrícula que de acordo com o regulamento conduz para um valor,  $F_g = 0,70$ .

#### 4.3.3.4.3 – Fator de obstrução da radiação solar

O fator de obstrução da radiação solar representa uma redução na radiação solar incidente, derivada da existência de sombreamentos originados por obstáculos e de acordo com o REH é calculado através da seguinte expressão:

$$F_s = F_h \times F_0 \times F_f$$

$F_s$  – Fator de obstrução

$F_h$  – Fator de obstrução do horizonte por obstruções exteriores ao edifício ou por outros elementos do edifício.

$F_0$  – Fator de sombreamento por elementos horizontais

$F_f$  – Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado

Em nenhum caso o produto  $F_h \times F_0 \times F_f \times X_j$  deverá ser inferior a 0,27. Tendo em conta que todos os fatores com exceção de  $X_j$  tomam valores próximos da unidade, é plausível considerar que:

$$X_j = 0,27$$

Para contabilizar o efeito de sombreamento provocado pelo contorno do vão e exceto quando este se situa à face exterior da parede, o que não é o caso, como tal:

$$F_0 \times F_f \leq 0,9$$

#### Envidraçados do Rés-do-chão a Este

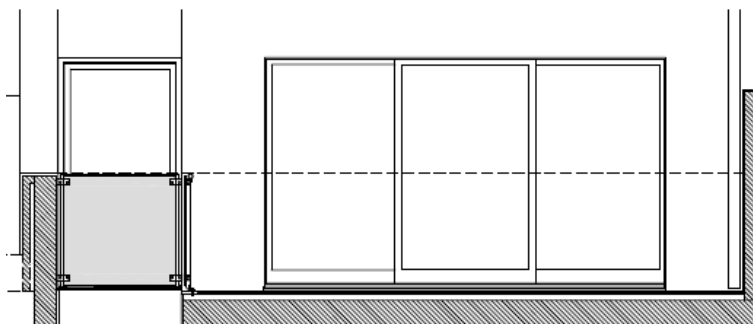




Figura 58 - Envidraçados do Rés-do-chão a Este

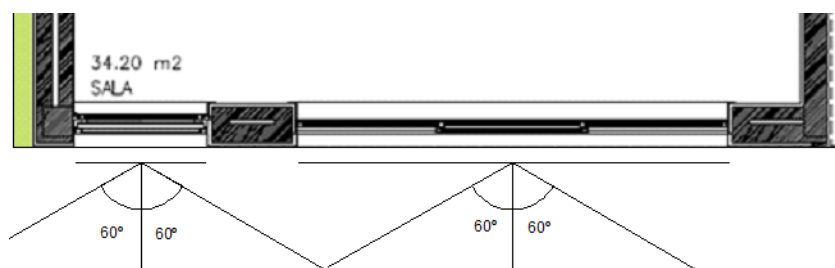


Figura 59 - Representação dos ângulos para obtenção do fator solar no rés-do-chão a Este.

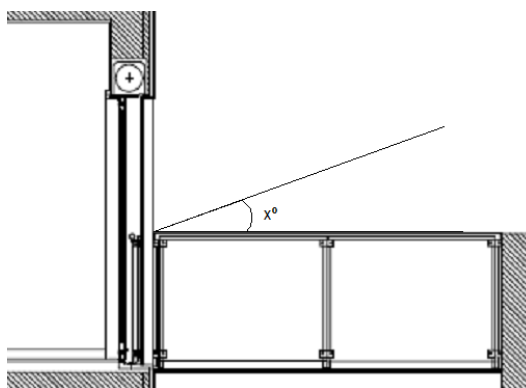


Figura 60 - Representação do ângulo para o cálculo do fator de obstrução do horizonte no rés-do-chão a Este.

De acordo com o apresentado nas Figuras 58 a 60 é possível determinar quais os fatores de obstrução da radiação solar dos envidraçados orientados a Este do rés-do-chão, sendo apresentados na Tabela 39.

Tabela 39 - Fatores solares dos envidraçados do Rés-do-chão a Este

Fator de obstrução da radiação solar			
Estação de aquecimento		Estação de arrefecimento	
Fh	1,00	Fh	1,00
FO	0,90	FO	0,90
Ff	1,00	Ff	1,00

## Envidraçados do Rés-do-chão a Oeste

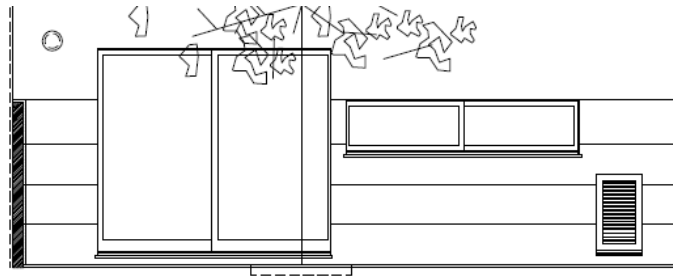


Figura 61 - Envidraçados do Rés-do-chão a Oeste

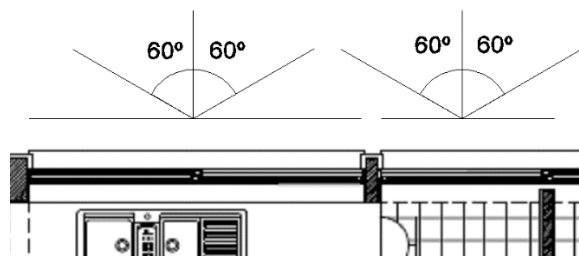


Figura 62 - Representação dos ângulos para obtenção do fator solar no Rés-do-chão a Oeste.

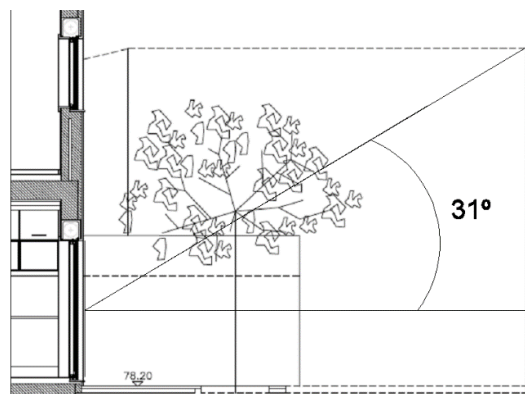


Figura 63 - Representação do ângulo para o cálculo do fator de obstrução do horizonte no Rés-do-chão a Oeste.

De acordo com o apresentado nas Figuras 61 a 63 é possível determinar quais os fatores de obstrução da radiação solar dos envidraçados orientados a Oeste do rés-do-chão, sendo apresentados na Tabela 40.

Tabela 40 - Fatores solares dos envidraçados do Rés-do-chão a Oeste

Fator de osbtrução da radiação solar			
Estação de aquecimento		Estação de arrefecimento	
Fh	0,71	Fh	1,00
FO	0,90	FO	0,90
Ff	1,00	Ff	1,00

Envidraçados do 1ºAndar a Este

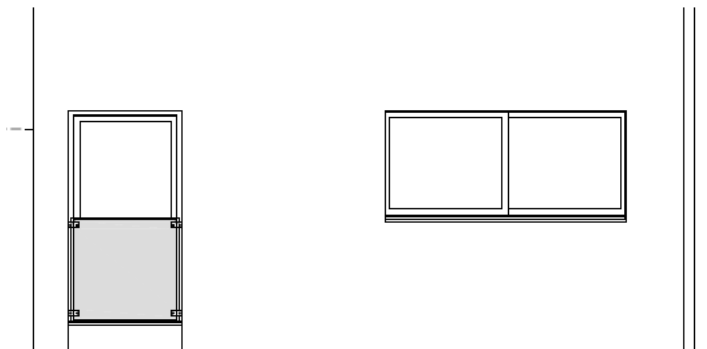


Figura 64 - Envidraçados do 1ºandar a Este

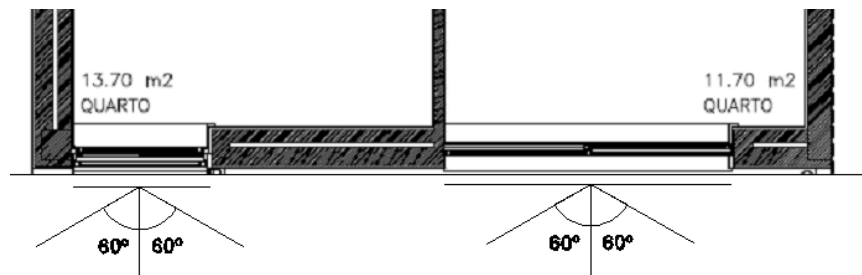


Figura 65 - Representação dos ângulos para obtenção do fator solar no 1ºandar a Este

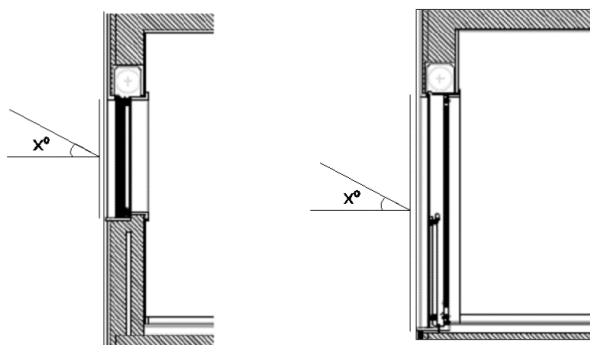


Figura 66 - Representação do ângulo para o cálculo do fator de obstrução do horizonte no 1º andar a Este

De acordo com o apresentado nas Figuras 64 a 66 é possível determinar quais os fatores de obstrução da radiação solar dos envidraçados orientados a Este do 1º andar, sendo apresentados na Tabela 41.

Tabela 41 - Fatores solares dos envidraçados do 1ºandar a Este

Fator de obstrução da radiação solar			
Estação de aquecimento		Estação de arrefecimento	
<b>Fh</b>	1,00	<b>Fh</b>	1,00
<b>FO</b>	0,90	<b>FO</b>	0,90
<b>Ff</b>	1,00	<b>Ff</b>	1,00

Envidraçados do 1ºAndar a Oeste

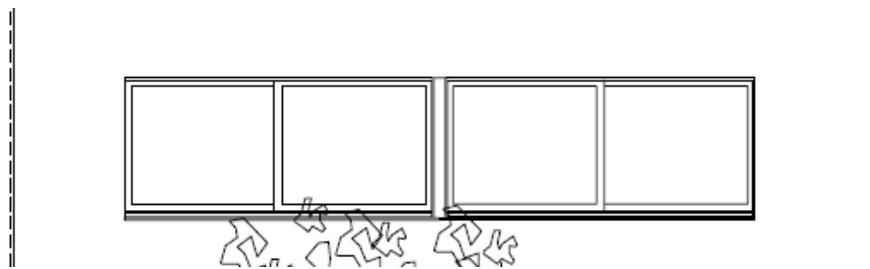


Figura 67 - Envidraçados do 1ºandar a Oeste

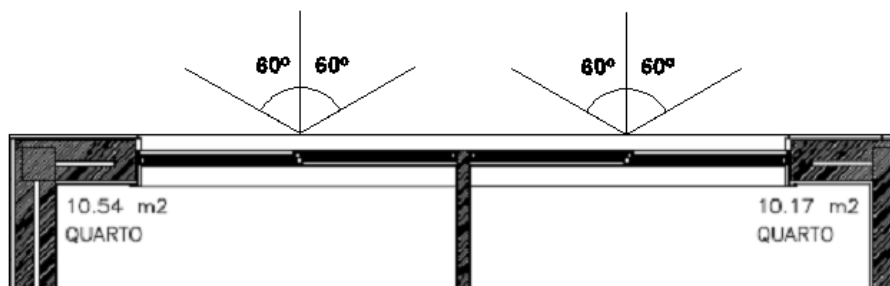


Figura 68 - Representação dos ângulos para obtenção do fator solar no 1ºandar a Oeste

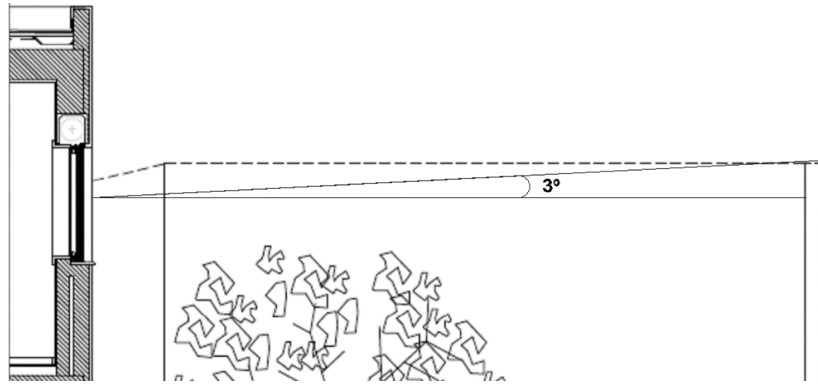


Figura 69 - Representação do ângulo para o cálculo do fator de obstrução do horizonte no 1º andar a Oeste

De acordo com o apresentado nas Figuras 67 a 69 é possível determinar quais os fatores de obstrução da radiação solar dos envidraçados orientados a Oeste do 1º andar, sendo apresentados na Tabela 42.

Tabela 42 - Fatores solares dos envidraçados do 1º andar a Oeste

Fator de obstrução da radiação solar			
Estação de aquecimento		Estação de arrefecimento	
<b>Fh</b>	1,00	<b>Fh</b>	1,00
<b>FO</b>	0,90	<b>FO</b>	0,90
<b>Ff</b>	1,00	<b>Ff</b>	1,00

Envidraçado do 1º Andar a Sul



Figura 70 - Envidraçados do 1º andar a Sul

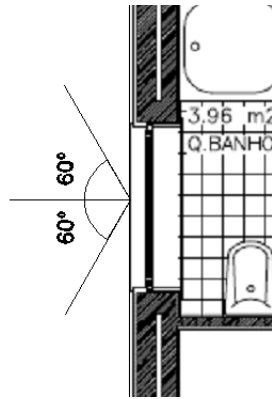


Figura 71 - Representação dos ângulos para obtenção do fator solar no 1º andar a Sul

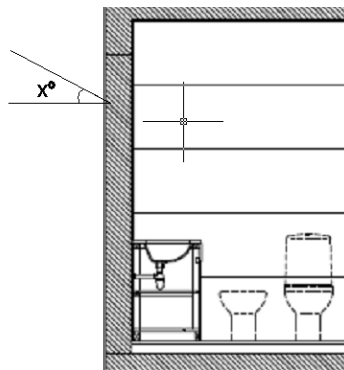


Figura 72 - Representação do ângulo para o cálculo do fator de obstrução do horizonte no 1º andar a Sul

De acordo com o apresentado nas Figuras 70 a 72 é possível determinar quais os fatores de obstrução da radiação solar dos envidraçados orientados a Sul do 1º andar, sendo apresentados na Tabela 43.

Tabela 43 - Fatores solares dos envidraçados do 1º andar a Sul

Fator de obstrução da radiação solar			
Estação de aquecimento		Estação de arrefecimento	
Fh	1,00	Fh	1,00
FO	0,90	FO	0,90
Ff	1,00	Ff	1,00

#### 4.3.3.5 – Vão opaco exterior

Para a análise do edifício habitacional, é considerado que o único vão opaco exterior, porta de entrada que está orientada para Este, com área de 1,89 m<sup>2</sup>, de cor média. Esta terá duas palas verticais na sua lateral cujos ângulos foram determinados segundo a Figura 74.

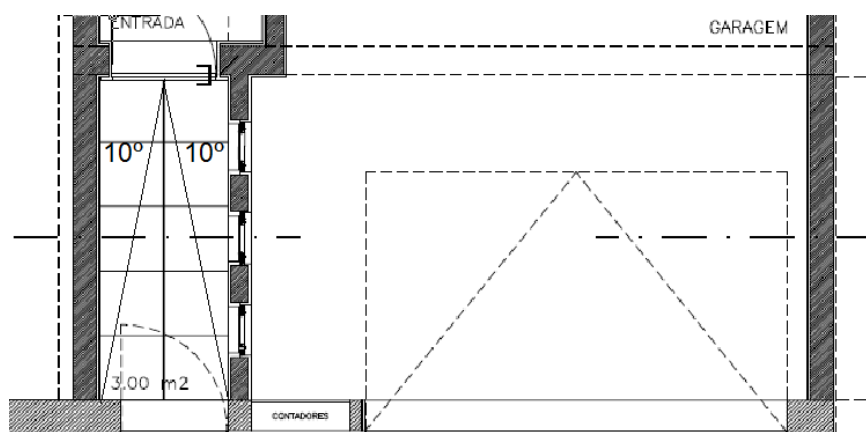


Figura 73 - Ângulos das palas verticais subjacentes ao vão opaco exterior

#### 4.3.4 – Sistemas técnicos

Neste ponto serão especificados quais os sistemas técnicos usados no edifício. Os sistemas adotados são dimensionados segundo o regulamento que estipula os requisitos mínimos de eficiência a considerar.

##### 4.3.4.1 – Sistema de produção de águas quentes sanitárias, aquecimento e arrefecimento

Para o sistema de aquecimento e produção de águas quentes sanitárias da habitação foi adotada uma caldeira a gás de classe A com uma eficiência de 89%.

Para o sistema de arrefecimento da habitação foi considerado uma unidade split, multi-split e VRF com permuta ar-ar da classe B, o que corresponde a um ERR = 3,00 e cuja eletricidade é a fonte de energia associada. Esta unidade irá servir a totalidade da fração.

#### 4.3.4.2 – Sistema de ventilação

O edifício será ventilado naturalmente, como tal e necessário proceder a determinação dos seguintes fatores.

O regulamento propõe que:

*A classe de permeabilidade ao ar da caixa de estore será baixa se após a realização de ensaio da sua permeabilidade ao ar, com inclusão das juntas ao caixilho de acordo com a norma EN 1026 e à diferença de pressão de 100Pa, o caudal de infiltração de ar a dividir pela unidade de comprimento for inferior a  $1 \text{ m}^3/(\text{h.m})$ .*”

Deste modo irá ser considerada para a caixa de estore uma classe de permeabilidade baixa.

Uma vez que estudos (Innaltech) demonstram que um envidraçado / caixilharia que apresentam classe 4 de permeabilidade ao ar são cerca de 3 vezes mais estanques que a classe 3, será de todo interesse adotar uma solução deste tipo, portanto, o conjunto caixilharias/envidraçados irão possuir uma classe 4 de estanquidade.

Relativamente às aberturas de admissão de ar na envolvente, irá ser considerada uma abertura fixa ou regulável manualmente com uma área livre de abertura fixa de 250 cm<sup>2</sup> e irá ser considerada ainda, uma abertura autorregulável a 10 Pa com uma área livre de abertura fixa de 250 cm<sup>2</sup>.



Os cálculos relativos à ventilação do edificado foram realizados utilizando a folha de cálculo disponibilizada pelo LNEC tendo em vista o REH, Anexo C, sendo que os resultados são os apresentados na Tabela 44:

Tabela 44 - Valores de RPH obtidos

<b>8. Resultados</b>	
<b>8.1 - Balanço de Energia - Edifício</b>	
$R_{ph,i}$ (h-1) - Aquecimento	0,54
$R_{ph,v}$ (h-1) - Arrefecimento	0,60

#### 4.3.4.3 – Sistema de energia renovável produzida para consumo

Para o sistema de energia renovável produzida para consumo irão ser utilizadas as especificações de referência fornecidas pela Portaria n.º 349-B/2013, pelo que serão utilizados painéis solares com área de 0.65m<sup>2</sup> por habitante convencional o que perfaz aproximadamente 3 coletores solares tipo, de 1.5 m<sup>2</sup> de área. Todos os cálculos relativos a estes painéis foram feitos utilizando o Software SolTerm disponibilizado pelo LNEC e poderão ser encontrados no Anexo B.

#### 4.4 – Estudo e avaliação de alternativas ao edifício

Após a determinação de todos os parâmetros necessários para se proceder à classificação energética do edifício, irão ser calculados os ganhos térmicos brutos ( $Q_{g,i}$ ) e as necessidades nominais de energia ( $N_{ic}$ ,  $N_{vc}$ ) em cada uma das estações, assim como as necessidades nominais de energia primária ( $N_{tc}$ ). Estes valores serão calculados para 5 casos, sendo estes apresentados de seguida.

#### 4.4.1 – Caso 1 – Edifício base

O caso base, não possui quaisquer alterações relativamente àquilo que já foi calculado anteriormente.

#### 4.4.2 – Caso 2 - Fachada principal voltada a Sul

A orientação Sul, é a responsável pela maior incidência de energia calorífica. Como tal, é de maior interesse possuir a fachada com a maior área de envidraçados voltada para esta orientação.

Esta alteração implica que todas as orientações consideradas nos pontos anteriores terão que ser transpostas para a sua correspondente tendo em conta que a fachada principal irá estar voltada a Sul.

Portanto as novas orientações são apresentadas na Figura 74.

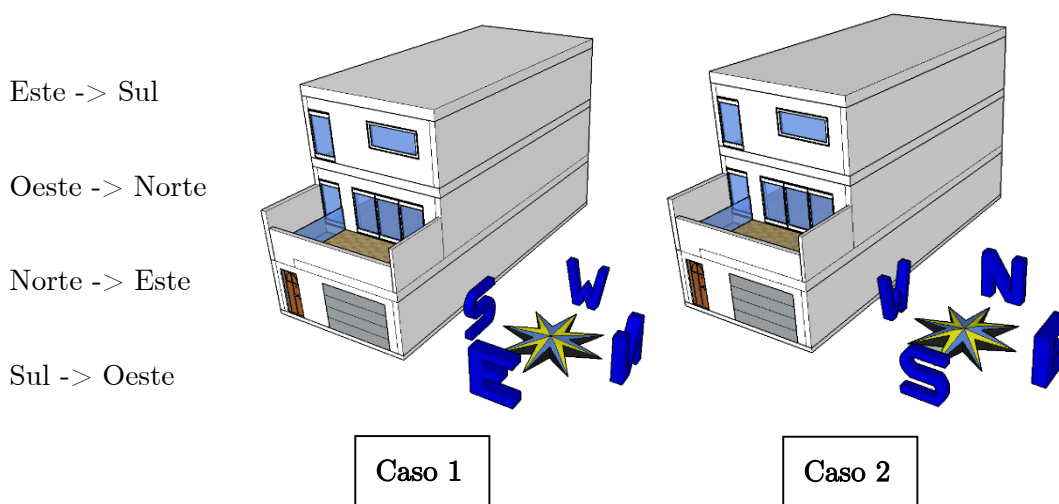


Figura 74 - Transposição das orientações

#### 4.4.3 – Caso 3 - Criação de um envidraçado com orientação Sul

Analisou-se o impacto que a criação de áreas envidraçadas voltadas a Sul possui de modo a aumentar os ganhos provenientes da energia solar. Como tal, nesta medida alternativa todas as orientações se manterão constantes à exceção da criação de um vão envidraçado na zona da sala no R/C que irá estar voltado a Sul como mostra a Figura 75.

O envidraçado em questão terá as mesmas características de todos os restantes sendo que as suas medidas serão de 1,0m x 1,0m constituindo portanto uma superfície unitária.

É necessário salientar que devido à criação deste novo vão envidraçado, é necessário realizar a subtração deste mesmo à área de paredes exterior e acrescentar uma nova componente de pontes termicas lineares relativas à caixilharia e à caixa de estores.

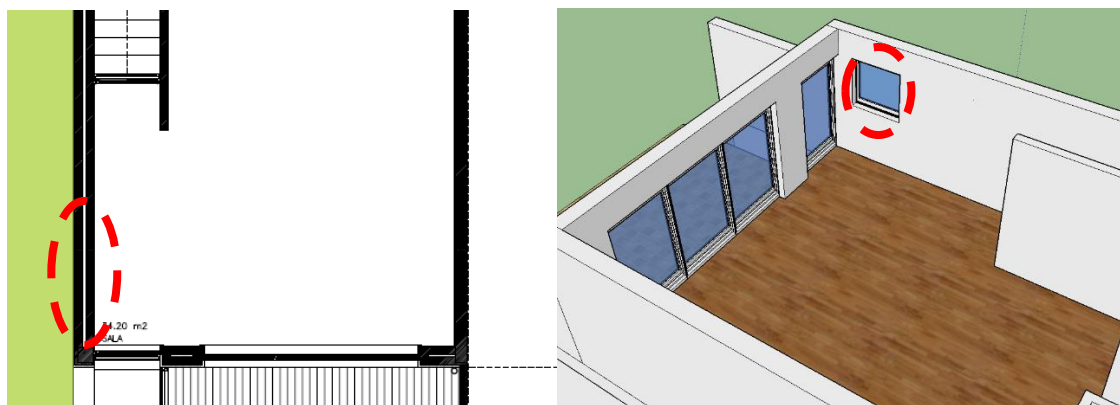


Figura 75 - Esquema ilustrativo do novo vão envidraçado, caso 3.

#### 4.4.4 – Caso 4 – Aumento da área de envidraçados com orientação Sul

Este caso passa por criar uma área envidraçada orientada a Sul um pouco maior que o anterior de modo a poder fazer uma análise mais exata relativamente ao impacto que o aumento dos vãos envidraçados tem sobre o desempenho energético do edifício.

Como tal neste caso serão adicionados vãos envidraçados um pouco superiores. Na sala será considerado um envidraçado de dimensões 1.00 x 1.00 m<sup>2</sup> e 2.00 x 0,60 m<sup>2</sup> orientados a Sul, Figura 77. Nos dois quartos que possuem uma fachada exterior voltada a Sul serão ainda implantadas superfícies envidraçadas de dimensões 1.50 x 0,40 m<sup>2</sup>.

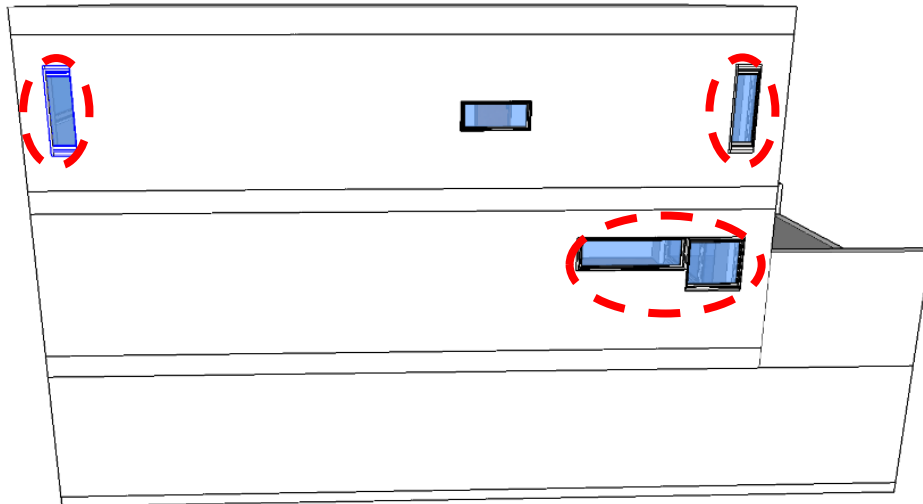


Figura 76 - Esquema ilustrativo dos novos vãos envidraçados, caso 4.

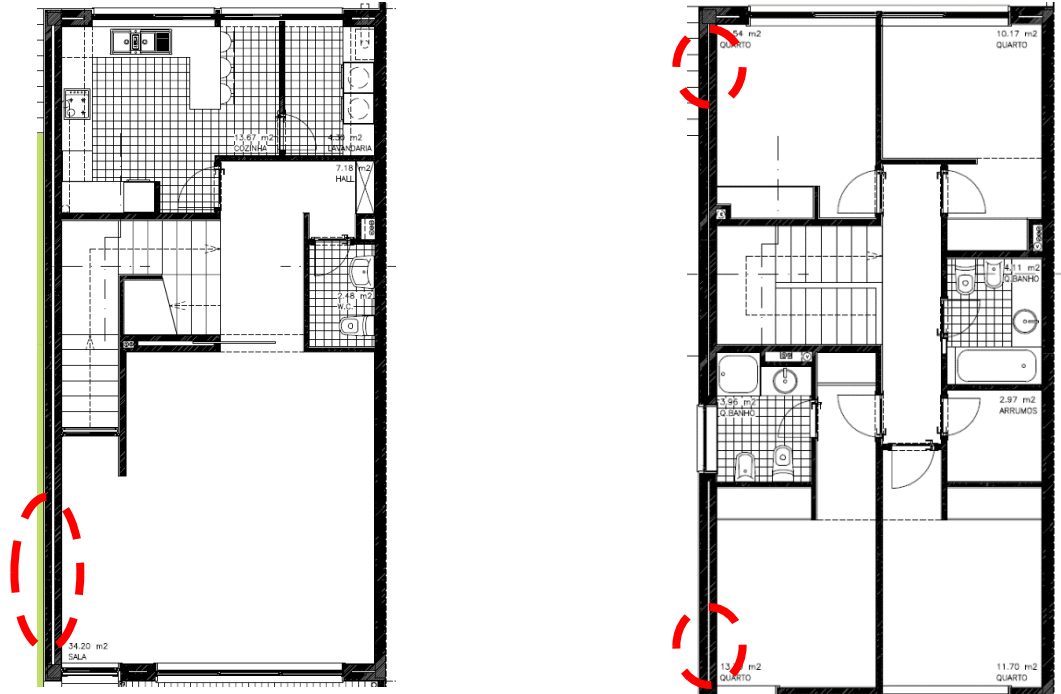


Figura 77 - Esquema ilustrativo dos novos vãos envidraçados em planta, caso 4.

#### 4.4.5 – Caso 5 – Aumento máximo da área de envidraçados voltados a Sul

Neste caso procedeu-se ao aumento da área de envidraçados na orientação Sul. Serão implantados vãos envidraçados com 3.00 x 2.10 m<sup>2</sup> na sala, sendo que nos quartos irá ser utilizada a disposição referida no ponto anterior, Figura 79.

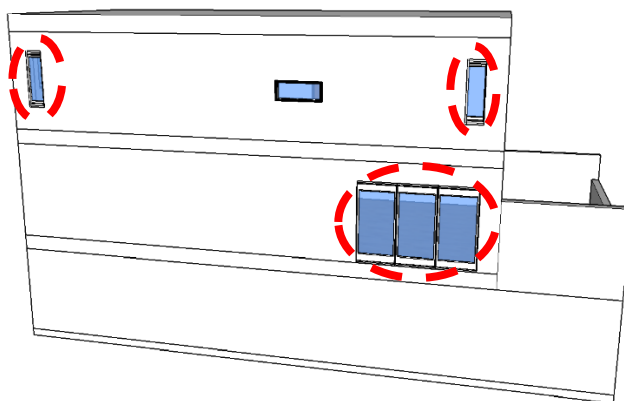


Figura 78 - Esquema ilustrativo da área máxima de vãos envidraçados, caso 5.



Figura 79 - Esquema ilustrativo da área máxima de vãos envidraçados, caso 5

## 4.5 – Resumo de resultados obtidos

De seguida são discriminados em tabelas as comparações dos valores dos ganhos brutos e necessidades nominais de energia útil na estação de aquecimento e arrefecimento, assim como as necessidades nominais de energia primária, com a apresentação percentual da melhoria obtida em cada um dos casos. Os cálculos relativos a estes valores podem ser encontrados nos Anexos D, E, F, G, H, sendo que:

- Anexo D é referente ao 1º caso;
- Anexo E é referente ao 2º caso;
- Anexo F é referente ao 3º caso;
- Anexo G é referente ao 4º caso
- Anexo H é referente ao 5º caso;

Tabela 45 - Valores dos ganhos na estação de aquecimento para cada caso proposto

<b>Caso</b>	<b>Ganhos brutos na estação de aquecimento <math>Q_{g,i}</math> (kWh/ano)</b>	<b>Variação relativamente ao caso 1 (%)</b>
<b>1 - Base</b>	6613	
<b>2 - Reorientação de fachadas</b>	8154	23,3
<b>3 - Área mínima de envidraçados</b>	6953	5,1
<b>4 - Área média de envidraçados</b>	7770	17,5
<b>5 - Área máxima de envidraçados</b>	9063	37,0

Tabela 46 - Valores de ganhos na estação de arrefecimento para cada caso proposto

Caso	Ganhos brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v}$ (kWh/ano)	Varição relativamente ao caso 1 (%)
1 - Base	4378	
2 - Reorientação de fachadas	4068	7,1
3 - Área mínima de envidraçados	4442	-1,5
4 - Área média de envidraçados	4595	-5,0
5 - Área máxima de envidraçados	4838	-10,5

Tabela 47 - Valores de Nic para cada caso proposto

Caso	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Varição relativamente ao Caso 1 (%)
1 - Base	29,84	
2 - Reorientação de fachadas	22,08	26,0
3 - Área mínima de envidraçados	28,61	4,1
4 - Área média de envidraçados	25,95	13,0
5 - Área máxima de envidraçados	21,72	27,2

Tabela 48 - Valores de Nvc para cada caso proposto

Caso	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Varição relativamente ao Caso 1 (%)
1 - Base	7,42	
2 - Reorientação de fachadas	5,94	19,9
3 - Área mínima de envidraçados	7,59	-2,3
4 - Área média de envidraçados	8,00	-7,8
5 - Área máxima de envidraçados	8,81	-18,7

A classificação energética do edifício feita de acordo com o REH para cada um dos casos e apresentada na Tabela 49.

Tabela 49 - Valores de Ntc para cada caso proposto

Caso	Ntc (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	Nt (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	Ntc/Nt	Varição relativamente ao Caso 1 (%)	Classe
1 - Base	48,63	109,22	0,45		A
2 - Reorientação de fachadas	38,68	109,22	0,35	22,2	A
3 - Área mínima de envidraçados	47,40	110,06	0,43	4,4	A
4 - Área média de envidraçados	44,74	112,08	0,40	11,1	A
5 - Área máxima de envidraçados	40,67	112,22	0,36	20,0	A

Através da observação direta das Tabelas 45 a 49, é possível determinar a classe energética. Para o 1º caso (caso base) a classe obtida é A, como tal qualquer medida de melhoria imposta por quaisquer casos sequenciais apenas aproximarão o edifício de uma classificação A+.

É também possível constatar que o 2º e 5º caso são os que apresentam melhores valores para a totalidade dos parâmetros estudados, com uma ligeira vantagem para o 2º caso que apresenta o menor valor de necessidades nominais de energia primária. Apesar de o 3º e 4º caso possuírem contribuições mais reduzidas, não devem ser menosprezados, uma vez que existem situações em que uma melhoria de apenas 5% pode traduzir-se numa alteração de classe energética.

Após a aplicação sucessiva das expressões referentes ao cálculo do Nic e Ni, foram constatadas desconcordâncias no cálculo dos ganhos solares pelos envidraçados. O valor dos ganhos solares brutos ( $Q_{sol,i}$ ) existentes no edifício, é obtido através da multiplicação da área efetiva total equivalente de envidraçados voltados a Sul, com a



radiação média incidente num envidraçado com a mesma orientação ( $G_{sul}$ ) e com a duração da estação de aquecimento ( $M$ ). No entanto quando se realiza o cálculo dos ganhos solares brutos de referência ( $N_i$ ) é excluída a parcela da duração média da estação de aquecimento ( $M$ ). Isto irá originar valores de  $N_i$  inferiores, tal como mostra a Tabela 50. Tendo em conta que a proporção entre estes valores será em parte responsável pela classificação final do edifício, ao existir um intervalo maior entre eles, implicará uma melhoria acentuada na classificação.

A Tabela 50 ilustra a variação existente entre o método estipulado pelo REH para o cálculo de  $N_i$  e a possibilidade de ser incluído no cálculo do  $N_i$  o valor de  $M$ .

Tabela 50 - Comparação de resultados admitindo a inclusão do fator  $M$  no  $N_i$ .

	Caso 1		
	REH	Inclusão do fator $M$	Variação (%)
<b>Ganhos térmicos brutos <math>Q_{g,i}</math> [kWh/ano]</b>	6612,7	6612,7	0,0
<b>Ganhos térmicos brutos de referência <math>Q_{g,i}</math> [kWh/ano]</b>	2962,6	6183,3	108,7
<b><math>N_{ic}</math> [kWh/m<sup>2</sup>.ano]</b>	29,8	29,8	0,0
<b><math>N_i</math> [kWh/m<sup>2</sup>.ano]</b>	67,9	53,3	-21,6
<b><math>N_{tc}</math> [kWh/m<sup>2</sup>.ano]</b>	48,6	48,6	0,0
<b><math>N_t</math> [kWh/m<sup>2</sup>.ano]</b>	109,2	92,8	-15,0
<b><math>N_{tc}/N_t</math></b>	0,44	0,52	17,7
<b>Classificação</b>	A	B	



## Capítulo 5 - Conclusão

Do estudo realizado é possível extrair um conjunto de conclusões.

Primeiramente, nota-se que no novo regulamento, REH, existe uma muito maior preocupação em estabelecer linhas guia cada vez mais rigorosas que se traduzem numa constante melhoria de todos os edifícios.

É possível também observar que no REH existe uma vasta alteração relativamente na nomenclatura utilizada. No entanto, não se podem constatar mudanças significativas no processo de cálculo das várias necessidades energéticas, regra geral denotam-se acréscimos de limites matemáticos de forma a tornar certas expressões mais abrangentes ou precisas.

A fórmula referente ao cálculo das necessidades nominais de energia primária ( $N_{tc}$ ) sofreu alterações que favorecem uma boa utilização das soluções construtivas adotadas em conjugação com a utilização de equipamentos eficientes numa harmonização integral de todos os componentes da habitação, ao contrário da regulamentação anterior (RCCTE) na qual a classificação energética estava mais dependente dos equipamentos e menos da solução construtiva

O método de cálculo dos valores máximos de referência,  $N_i$ ,  $N_v$  e consequentemente  $N_t$  sofreu uma alteração. Estes valores deixam de ser obtidos utilizando valores tabelados segundo um único fator, passando a ser calculados utilizando as medições dos elementos propostos, adotando os valores de referência impostos pelo REH. Isto implica uma integração da totalidade das soluções construtivas adotadas na realização da classificação energética do edifício, uma vez que o regulamento faz uma comparação do que será construído na realidade com uma situação hipotética à base dos valores de referência.

Relativamente à temática de sustentabilidade energética na construção é possível retirar as seguintes conclusões.

Apesar de ser feita a descrição do conceito de edifício com necessidades quase nulas de energia, este ainda não apresenta um caráter exato, tornando-se um pouco impraticável devido à falta de parâmetros numéricos que seriam usados de forma a criar algo que fosse universalmente aceitável. A designação atual deste conceito torna-o extremamente suscetível às possíveis interpretações, sendo que a ausência de valores regulamentares poderá ser responsável pela existência de um desinteresse na sua aplicação.

O REH menciona a utilização de tecnologias de construção passivas de modo a atingir mais facilmente o nível de edifício de necessidades nulas de energia. No entanto, o regulamento não propõe métodos de cálculo para a generalidade das soluções de envolventes passivas. Por exemplo, para soluções que incorporam simultaneamente uma área de envolvente opaca exterior e um envidraçado não existe uma metodologia e portanto não é estimulado o uso desta tecnologia.

De forma a conseguir obter-se uma habitação com necessidades energéticas quase nulas, é necessário que esta seja pelo menos de classe energética A, onde os valores de necessidades nominais de energia primária ( $N_{tc}$ ) iguais a pelo menos metade do seu limite regulamentar ( $N_t$ ). E ainda que a quantidade de energia fornecida pelas fontes energéticas localizadas nas imediações da habitação seja responsável pelo aumento da qualidade desta classificação, para uma classe A+.

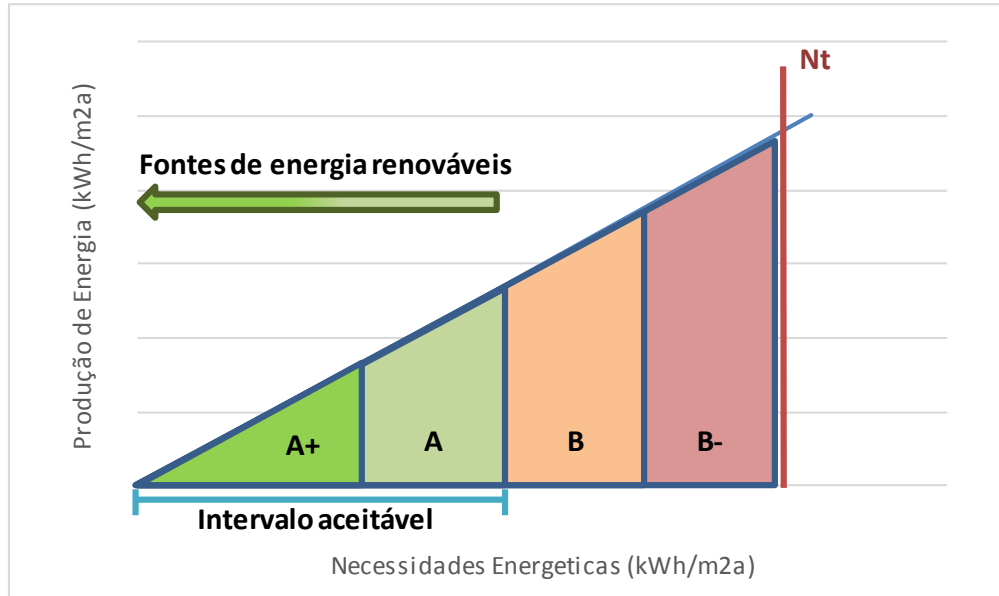


Figura 80 - Representação do intervalo aceitável na classificação energética.

A aplicação do REH no caso de estudo, tendo em conta diversas soluções de vãos envidraçados e suas orientações tornou possível retirar algumas conclusões.

Quando se realiza o estudo da classificação energética de uma habitação cujos elementos integrantes possuem características iguais aos valores de referência propostos pelo regulamento, verifica-se a obtenção de uma classificação energética A. Desta forma é possível concluir que se os valores de referência estipulados pelo REH forem cumpridos na sua totalidade, conseguir-se-á obter uma classificação, que quando aliada ao aproveitamento energético proveniente de fontes renováveis localizadas nas proximidades do edifício, irá conduzir este para ir ao encontro do conceito de edifícios com necessidades quase nulas de energia.

A aplicação sucessiva do regulamento aos diversos casos propostos permitiu concluir que existe uma desconcordância no modo como é efetuado o cálculo das necessidades máximas de referência na estação de aquecimento ( $N_i$ ). Uma vez que este valor irá ser utilizado de modo a calcular as necessidades nominais de energia primária de referência ( $N_t$ ), responsável pela classificação energética do edifício, uma grande

variação dos seus intervalos pode levar a uma alteração de classe obtida, sendo que no 1º caso existiria uma alteração de classe A para B.

No que diz respeito à melhoria da classificação final através da maximização dos ganhos solares, é constatável que o melhor método a ter em conta é voltar a fachada principal para Sul no início da fase de planeamento. A alteração da orientação da fachada principal equivale a uma melhoria de ganhos solares na estação de aquecimento de cerca de 23%, uma melhoria nos ganhos da estação de arrefecimento de 7% e uma melhoria na classificação energética final de cerca de 22%.

Na eventualidade de não existir controlo sobre a orientação do edifício, a melhor solução será a abertura sequencial de envidraçados na orientação Sul, sendo que quanto maior for esta área, maiores serão os ganhos em ambas as estações e conseqüentemente melhor a classificação energética final.

Uma comparação entre os casos que obtiveram os melhores resultados permite concluir que a existência de uma maior área de envidraçados irá originar ganhos solares na estação de inverno substancialmente superiores, do que quando se orienta uma área de envidraçados menor corretamente. No entanto essa grande superfície irá servir como um ponto fraco no edifício, afetando o valor das necessidades nominais de energia primária:

- No inverno, apesar de todos os ganhos solares, existirá uma área com um coeficiente de transmissão térmica cerca de sete vezes superior à superfície exterior opaca o que será responsável pela existência de perdas de calor pela envolvente, significativamente superiores.

- No verão, esta grande área de envidraçados irá ser a causadora de ganhos solares indesejados, responsáveis pelo sobreaquecimento da habitação (10,5 % pior) e

consequente ativação dos equipamentos de arrefecimento, caso existam, o que origina uma utilização energética desnecessária.

Neste caso, a correta orientação da fachada do edifício permitiu obter uma melhor variação das necessidades nominais de energia primaria (Ntc), ao mesmo tempo que garantindo uma melhoria dos ganhos originados na estação de verão e limitando a existência de uma grande área em que existe uma disparidade elevada de coeficientes de transmissão térmica.

Tabela 51 - Comparação entre reorientação da fachada e criação de envidraçados

	Caso	
	2 - Reorientação da fachada	5 - Área máxima de envidraçados
<b>Varição de Ganhos de Inverno (%)</b>	23,3	37,0
<b>Varição de Ganhos de Verão (%)</b>	7,1	-10,5
<b>Varição de Nic (%)</b>	26,0	27,2
<b>Varição de Nvc (%)</b>	19,9	-18,7
<b>Varição de Ntc (%)</b>	22,2	20,0
<b>Área de envidraçados (m<sup>2</sup>)</b>	23,14	30,34
<b>Varição da área de envidraçados (%)</b>	0,00	31,11

No balanço geral, a solução referente a uma correta orientação das fachadas com a maior área de envidraçados apresenta valores substancialmente melhores com a exceção dos ganhos na estação de Inverno, no entanto como o valor das necessidades nominais de energia útil na estação de aquecimento continuam a ser superiores, facilmente se conclui

que o balanço entre os ganhos e as perdas pela totalidade da fachada é melhor quando se aposta numa orientação adequada.

O estudo feito sobre os envidraçados e suas orientações permite ainda confirmar que uma habitação com cerca de metade dos seus envidraçados voltados para Sul, possui um melhor desempenho energético do que quando se orienta a totalidade dos envidraçados para Oeste e Este e ainda mais 31,1% desta área voltada para Sul. Isto vem demonstrar a importância que uma correta orientação da fachada principal da habitação possui para a sua classificação energética e para a obtenção do título de edifício com necessidades quase nulas de energia.

Estes resultados levam a extrapolações relativamente ao tipo de edifício em questão sendo que em habitações localizadas em prédios, provavelmente poderá existir uma única fachada voltada numa direção que não a preferencial. Isto levará ao surgimento de habitações cujos ganhos principais são os ganhos internos. Consequentemente será quase obrigatória a utilização de muito mais energia proveniente de fontes renováveis, de modo a se tornar uma habitação com necessidades quase nulas de energia, algo que será obrigatório no ano de 2019 para edifícios novos na propriedade de uma entidade pública e em 2021 para todos os edifícios novos licenciados.



## Bibliografia

(ITeCons) – Ferramentas de cálculo de aplicação do REH e Ventilação.

Carlos., M. Luís, 2006. Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios.

Danny H.W. Li, Liu Yang, Joseph C. Lam, 2013. Zero energy buildings and sustainable development implications - A review. *Energy* 54, pp. 1-10.

Decreto-Lei n.º 118/2013 - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH); Diário da República – I Série - A, N.º159 – 20 de Agosto de 2013.

Decreto-Lei n.º 80/2006 – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE); Diário da República – I Série - A, N.º67 – 4 de Abril de 2006.

Despacho n.º 15793-D/2013 – Fatores de conversão de energia útil para energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária; Diário da República – 2.ª Série – N.º234 – 3 de Dezembro de 2013.

Despacho n.º 15793-E/2013 – Regras de simplificação a utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções, bem como existentes, previstos nos artigos 28.º e 30.º do referido decreto-lei, nas situações em que se verifique impossibilidade ou limitação no acesso a melhor informação; Diário da República – 2.ª Série – N.º234 – 3 de Dezembro de 2013.

Despacho n.º 15793-F/2013 – Parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados; Diário da República – 2.ª Série – N.º234 – 3 de Dezembro de 2013.

Despacho n.º 15793-H/2013 – regras de quantificação e contabilização de contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis, de acordo com o tipo de sistema; Diário da República – 2.ª Série – N.º234 – 3 de Dezembro de 2013.

Despacho n.º 15793-I/2013 – metodologias de cálculo para determinar as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente, as necessidades nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias (AQS) e as necessidades nominais anuais globais de energia primária; Diário da República – 2.ª Série – N.º234 – 3 de Dezembro de 2013.

Despacho n° 15793-J/2013 – regras de determinação de classe energética; Diário da República – 2ª Série – N°234 – 3 de Dezembro de 2013.

Despacho n° 15793-K /2013 – Parâmetros térmicos. Diário da República – 2ª Série – N°234 – 3 de Dezembro de 2013.

Hans Erhorn, 2012. Variations in national approaches to NZEB's status and implications for EPBD implementation. Fraunhofer Institute of Building Physics (IBP), pp. 1-28.

Hélder Gonçalves, 2011. Em direção aos Edifícios de Balanço Energético Zero. Jornadas de Climatização, 27 pp.

Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção  
Jenny Crawford, Will French, 2008. A low-carbon future: Spatial planning's role in enhancing technological Innovation in the built environment. Energy Policy 36, pp. 4575–4579.

Juha Jokisalo, Jarek Kurnitski, 2006. Performance of EN ISO 13790 utilisation factor heat demand calculation method in a cold climate. Energy and Buildings 39, pp. 236–247.

Lamberto Tronchin, Kristian Fabbri, 2007. Energy performance building evaluation in Mediterranean countries: Comparison between software simulations and operating rating simulation. Energy and Buildings 40, pp. 1176–1187.

Mateus R., 2004. Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção. Escola de Engenharia. 77 pp.

Mendonça P., 2005. Tecnologias solares passivas. In: Habitar sob uma segunda pele: estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados. 48 pp.

P. Torcellini, S. Pless, M. Deru, D. Crawley, 2006. Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition. In: Conference Paper NREL/CP-550-39833, pp. 1-10

Portaria n.º 349-B/2013 – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) – Requisitos de conceção para edifícios novos e intervenções; Diário da República – 1ª Série – N.º232 – 29 de Novembro de 2013.

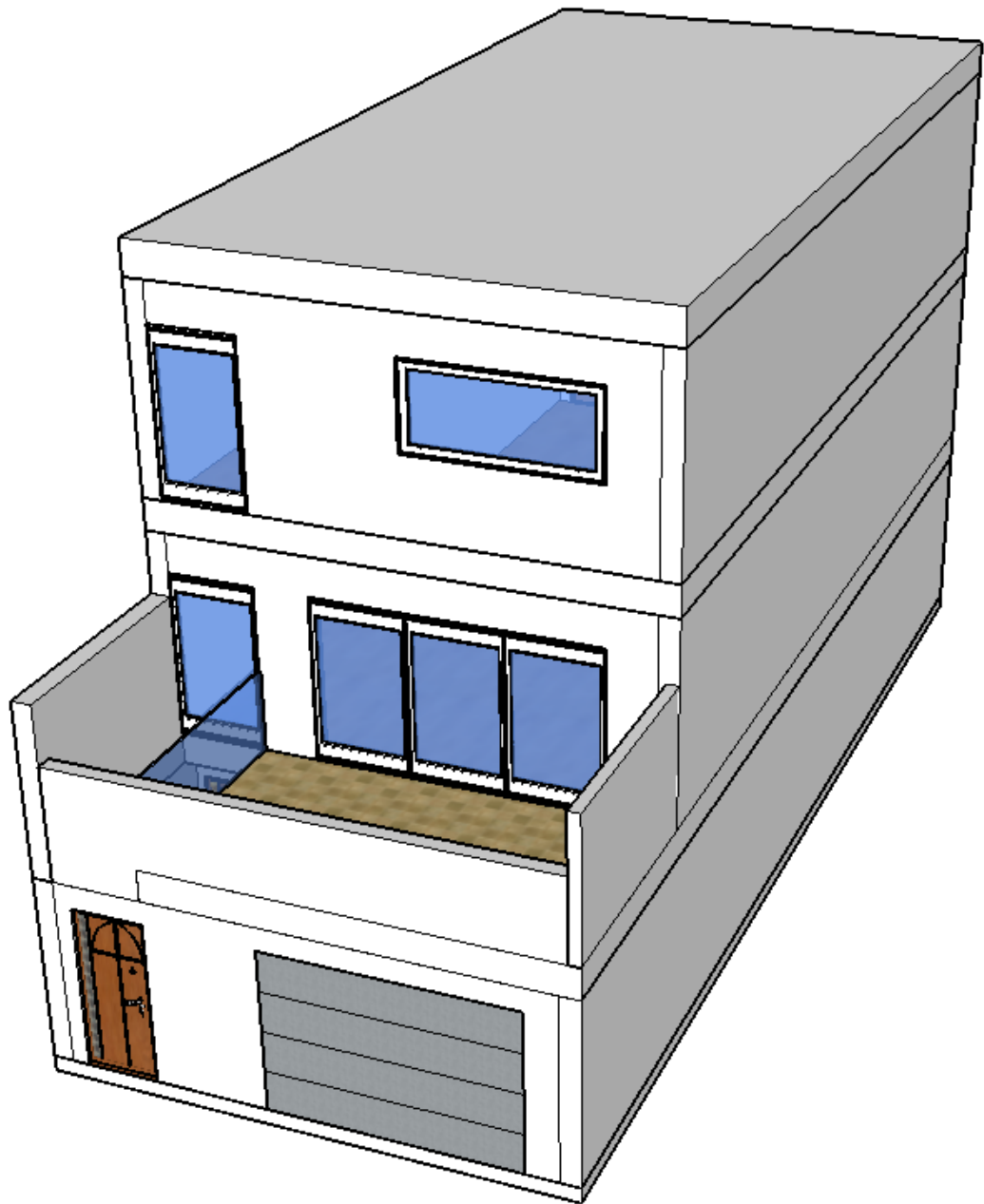
Portaria n.º 349-C/2013 – Elementos para licenciamento; Diário da República – 1ª Série – N.º233 – 2 de Dezembro de 2013.

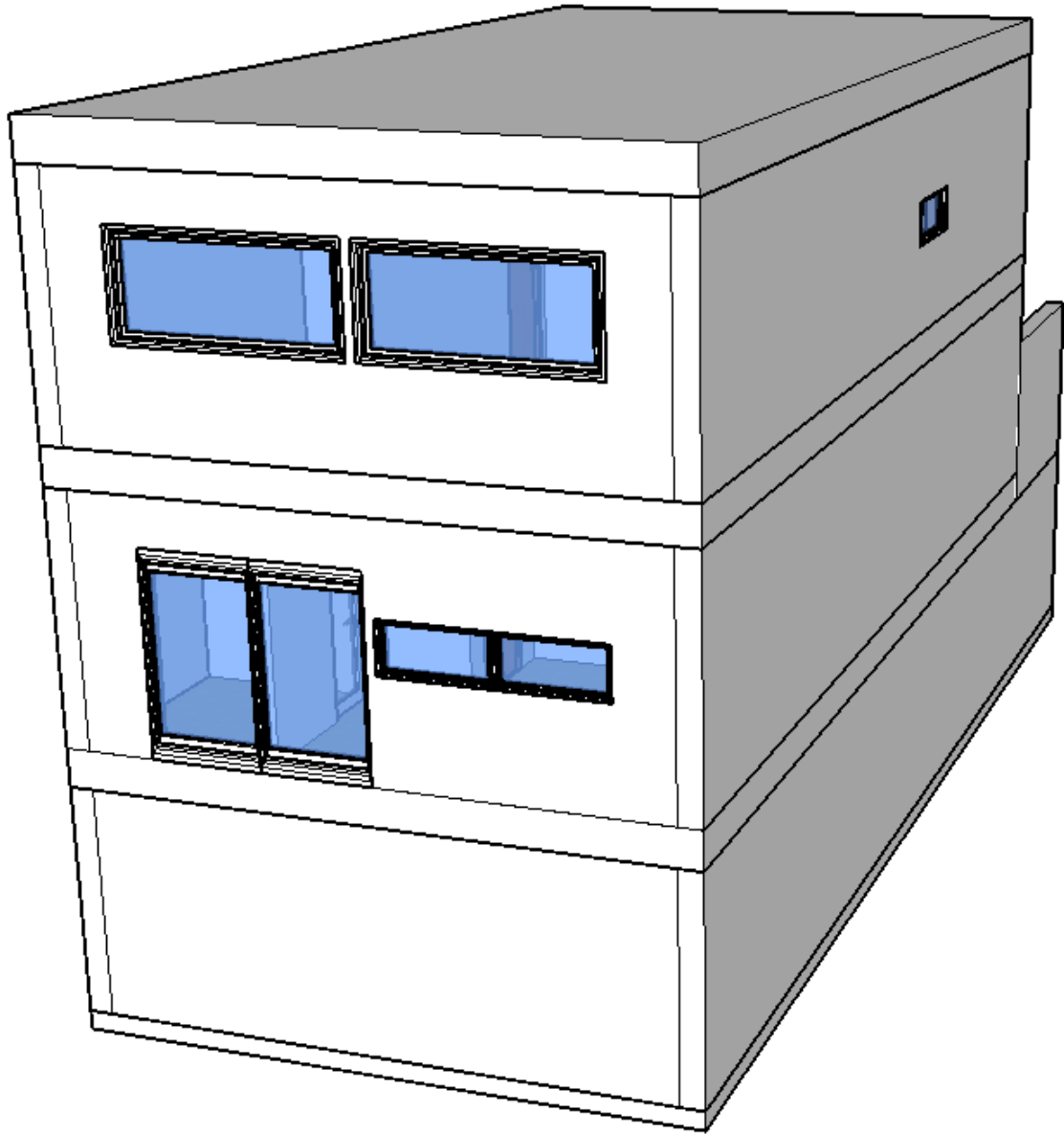
Solange Goulart. Sustentabilidade nas Edificações e no Espaço Urbano. Laboratório de Eficiência Energética em edificações, UFSC, 31 pp.

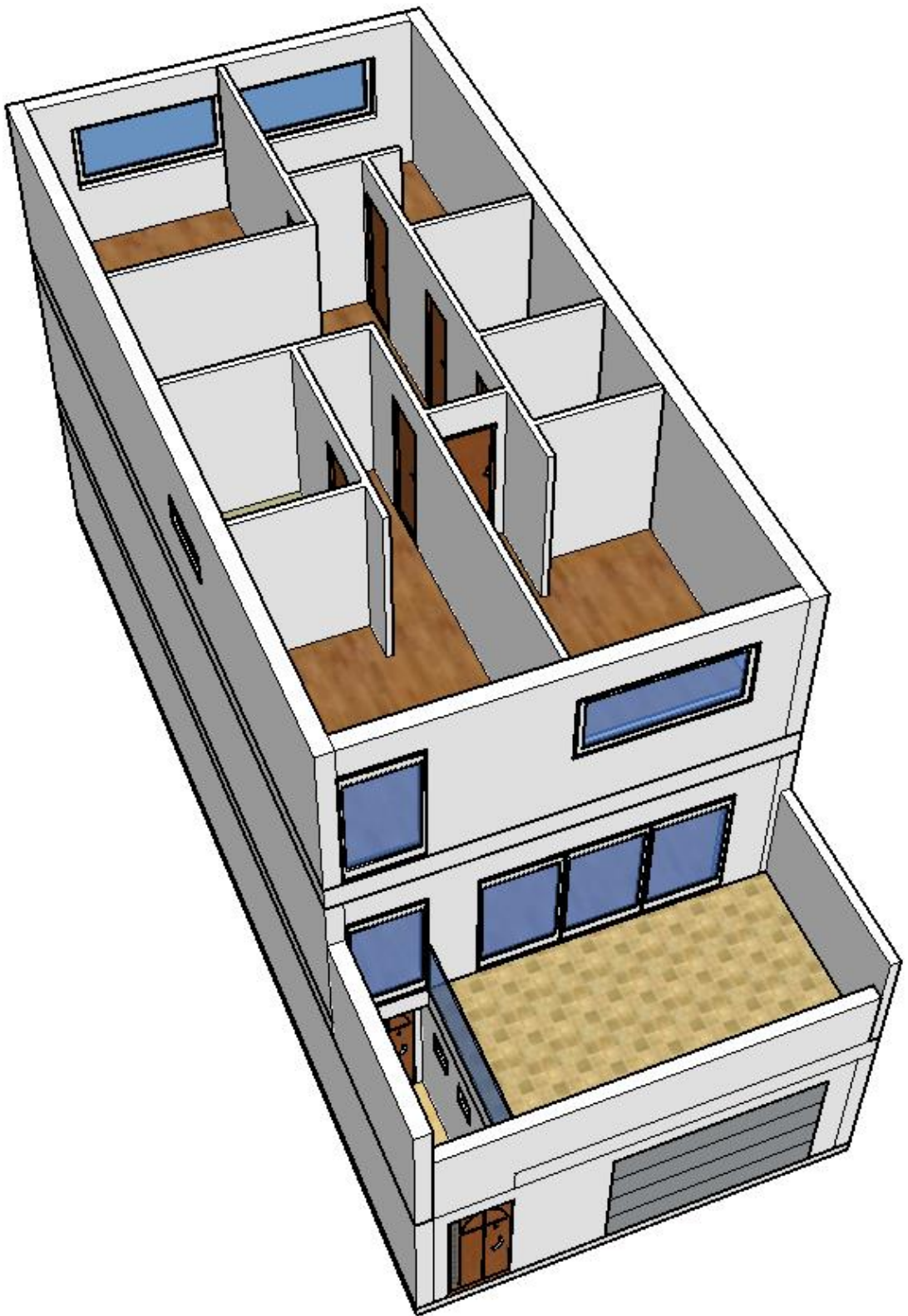
# Anexos

# Anexo A

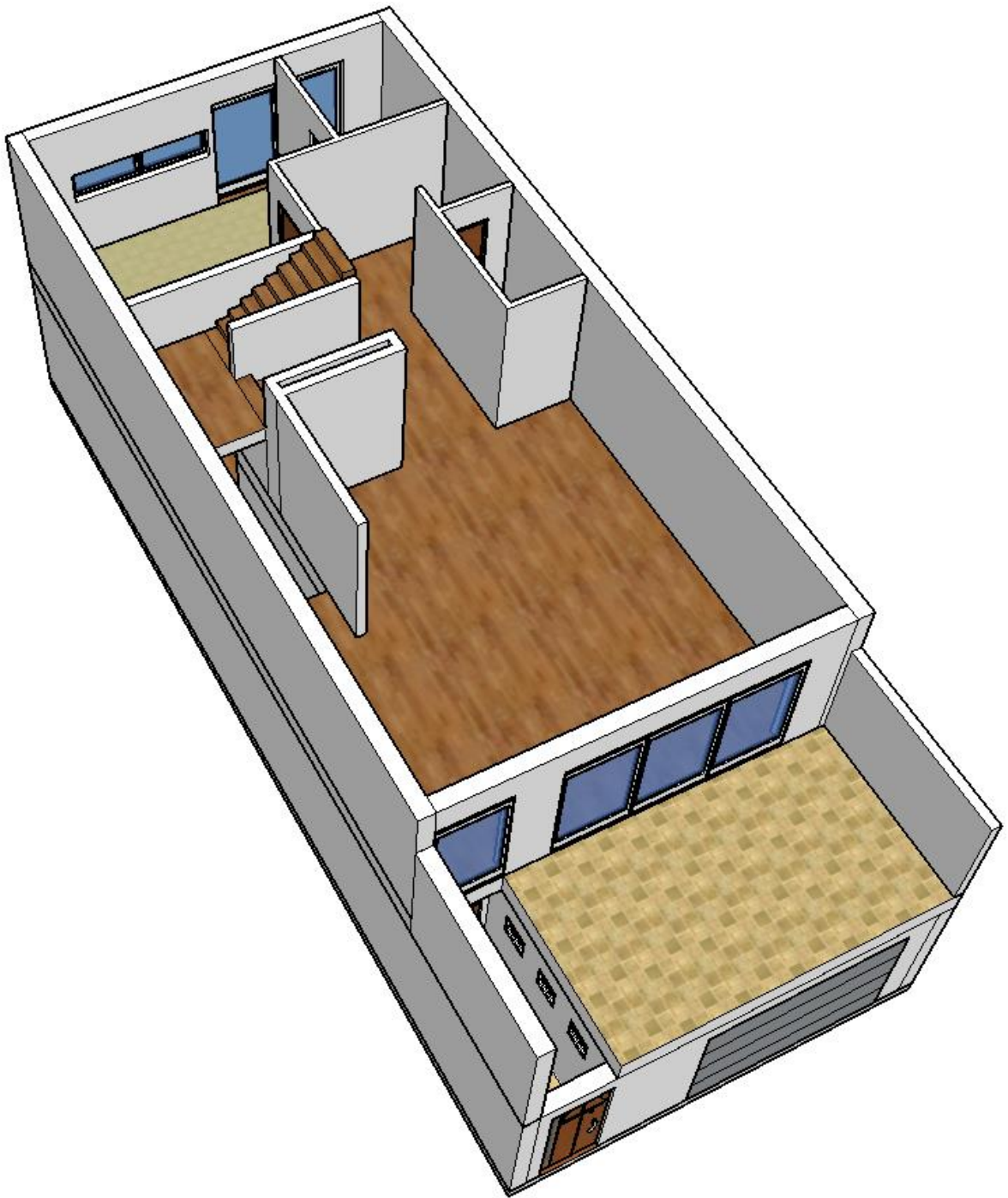
## Representação 3D da habitação

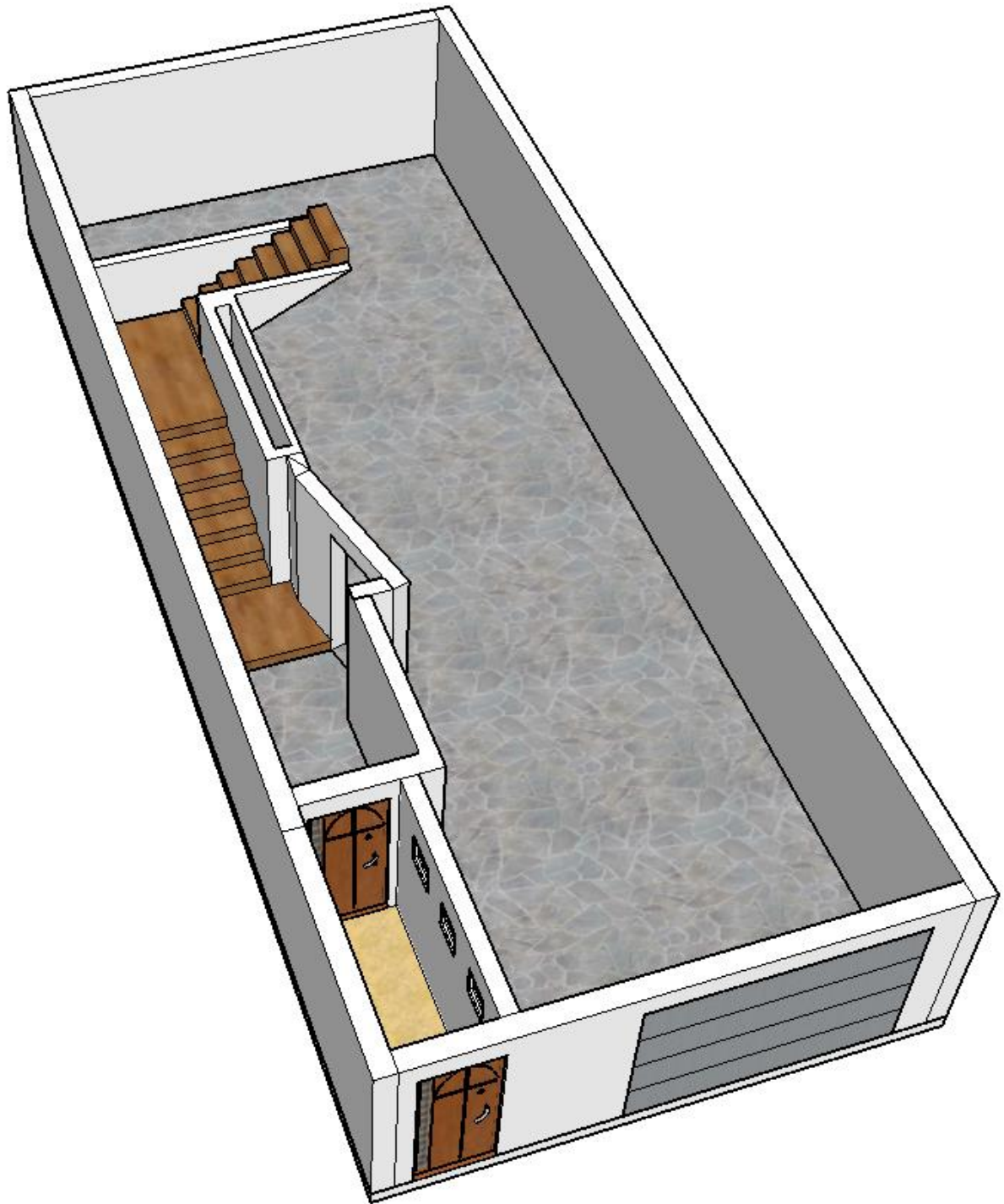












# Anexo B

## Relatório do SolTerm

-----  
SolTerm 5.0

Licenciado a Formadores do SCE  
(Módulo RCCTE)

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico com depósito pressurizado

-----  
Painel

-----  
Modelo de colector: plano 1,5 m<sup>2</sup> (para ensaios)  
Tipo: Plano  
4,5 m<sup>2</sup> (3 módulos)  
Rendimento óptico: 70,00%  
Coeficiente de perdas térmicas a1: 5,000 W/m<sup>2</sup>/K  
Coeficiente de perdas térmicas a2: 0,050 W/m<sup>2</sup>/K<sup>2</sup>  
Modificador de ângulo a 50°: 0,90

Caudal no grupo painel/permutador: 86,2 l/m<sup>2</sup> por hora (=0,11 l/s)

-----  
Permutador

-----  
Externo, com eficácia 75%  
(factor de penalização: 97%)

-----  
Depósito

-----  
Modelo: 200 l típico  
Volume: 200 l  
Área externa: 2,21 m<sup>2</sup>  
Material: PVC  
Posição deitada  
Deflectores interiores  
Coeficiente de perdas térmicas: 2,23 W/°C

-----  
Cargas térmicas

-----  
Consumo de água nova, sem recuperação de calor.  
Temperatura nominal: 45°C  
Temperatura mínima aceite: °C  
(Existem válvulas misturadoras.)

Perfis de consumo de segunda a sexta (1)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
08	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
09	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
19	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
20	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
21	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
22	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
23	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
24												
diário	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160

Perfis de consumo ao fim-de-semana (1)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
11												
12												
13	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
14	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
15	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
16	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
17	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
18	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
19	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
20	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
21	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
22	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
23	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
24												
diário	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160

-----  
Localização, posição e envolvente do sistema  
-----

Concelho de Matosinhos

Latitude 41,2°N (nominal)

Longitude 8,7°W (nominal)

TRY SNCE 2006

-

Inclinação do painel: 50°

Azimute do painel: 0°

Obstruções do horizonte: 3°(por defeito)

-----  
Balanço energético mensal e anual  
-----

	Rad.Horiz. kWh/m <sup>2</sup>	Rad.Inclin. kWh/m <sup>2</sup>	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	51	89	,	121	174	52
Fevereiro	68	101	,	119	154	34
Março	106	129	,	143	165	22
Abril	143	147	,	146	156	10
Mai	174	156	,	149	156	8
Junho	185	155	,	136	140	4
Julho	206	179	1,	140	142	2
Agosto	183	180	,	140	142	2
Setembro	128	146	2,	135	139	4
Outubro	94	134	,	146	155	9
Novembro	60	104	,	128	159	31
Dezembro	48	90	,	123	170	47
Anual	1446	1614	3,	1627	1852	226

Fracção solar: 87,8%

Produtividade: 362 kWh/[m<sup>2</sup> colector]

# Anexo C

## Folha de cálculo de ventilação



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

## Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS

Aplicação desenvolvida por:  
Armando Pinto.  
apinto@lneec.pt

Ferramenta de cálculo citada no  
n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013.

Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12

### 1. Enquadramento do edifício

Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_grande_reabilitação
Local (município)	MATOSINHOS
Região	A
Rugosidade	I
Altitude do local (m)	94
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Não
Altura do edifício ( $H_{edif}$ ) em m	9,2
Altura da fração ( $H_{FA}$ ) em m	9,2

Área útil (m <sup>2</sup> ):	136,2
Pd (m):	2,60
N.º de pisos da fração	2
Velocidade vento	Defeito REH
Vento ( $u_{10REH}$ : 3,6) (m/s)	
Vol (m <sup>3</sup> ):	354
Texterior (°C)	9,9
Zref (m)	94
Aenv/Au:	18%
Proteção do edifício:	<b>Desprotegido</b>
Zona da fachada:	<b>Inferior</b>
	0,85

### 2. Permeabilidade ao ar da envolvente

Foi medido valor n50	Não			
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	Oeste	Sul	Este	
Área dos vãos (m <sup>2</sup> )	10,16	0,6	14,27	0
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	4	4	4	4
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Perm. Baixa	Perm. Baixa	Perm. Baixa	Não tem



<b>3 . Aberturas de admissão de ar na envolvente</b>				
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Sim			
Tipo de abertura	Fixa ou regulável manualmente	Auto-regulável a 2 Pa	Auto-regulável a 10 Pa	Auto-regulável a 20 Pa
Área livre das aberturas fixas (cm <sup>2</sup> ) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m <sup>3</sup> /h)	250	0	250	0
<b>4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta</b>				
Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)	Não	Não	Não	Não
Escoamento de ar				
Perda de carga				
Altura da conduta (m)				
Cobertura				
Número de condutas semelhantes				
<b>5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado</b>				
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não			
Escoamento de ar				
Caudal nominal (m <sup>3</sup> /h)				
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento				
Pressão total (Pa)				
Rendimento total do ventilador(%)				
Tem sistema de recuperação de calor				
Rendimento da recuperação de calor (%)				

**6 . Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)**

Existem meios híbridos	Não			
Escoamento de ar				
Caudal nominal (m3/h)				
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento				
Pressão total (Pa)				
Rendimento total do ventilador(%)				

**7. Verão - Recuperador de calor**

Existe by-pass ao recuperador de calor no verão	
---	--

**8. Resultados****8.1 - Balanço de Energia - Edifício**

$R_{ph,i}$ (h-1) - Aquecimento	0,54
$R_{ph,v}$ (h-1) - Arrefecimento	0,60
$W_{vm}$ (kWh)	0,0

**8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência**

$R_{ph,i REF}$ (h-1)	0,54
----------------------	------

**8.3 - Caudal mínimo de ventilação**

Rph estimada em condições nominais (h-1)	0,47
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40
Critério Rph mínimo	<b>Satisfatório</b>

# Anexo D

Folhas de Cálculo do REH para o

Caso 1

Folha de Cálculo A				
A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR				
PAREDES EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	Oeste	22,95	0,4	9,18
	Este	24,14	0,4	9,66
	Sul	77,24	0,4	30,90
		-	-	-
		-	-	-
			TOTAL	49,73
PAVIMENTO EM CONTATO COM O EXTERIOR		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
		-	-	-
		-	-	-
			TOTAL	0,00
COBERTURA EM COTATO COM O EXTERIOR		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	Cobertura	85,8	0,35	30,03
		-	-	-
		-	-	-
			TOTAL	30,03
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	Quarto 1	2,30	2,80	6,44
	Quarto 2	2,30	2,80	6,44
	Quarto 3	2,30	2,80	6,44
	Quarto 4	2,31	2,80	6,47
	WC	0,60	2,80	1,68
	Cozinha	1,15	2,80	3,22
	Cozinha	2,52	2,80	7,06
	Sala	2,31	2,80	6,47
	Sala	7,35	2,80	20,58
		-	-	-
		-	-	-
			TOTAL	64,79
VÃOS OPACOS EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	Porta de entrada	1,89	0,80	1,51
		-	-	-
		-	-	-
			TOTAL	1,51

PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B	$\Psi$	$\Psi \cdot B$
	m	W/m. $^{\circ}$ C	W/ $^{\circ}$ C
Fach. com pavimentos térreos	17,80	0,50	8,90
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	12,30	0,50	6,15
Fachada com cobertura	24,30	0,50	12,15
Fachada com pavimento intermédio	47,30	0,50	23,65
Duas paredes verticais em ângulo saliente	20,00	0,40	8,00
Fachada com caixilharia	59,40	0,20	11,88
Zona da caixa de estores	17,60	0,20	3,52
	-	-	-
	-	-	-
		TOTAL	74,25
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior $H_{ext}$		220,32	W/ $^{\circ}$ C

A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR				
PAREDES EM CONTATO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
Garagem	29,04	0,40	0,80	9,29
Lavandaria	11,70	0,40	0,80	3,74
Porta da Garagem / Casa	1,89	0,80	0,80	1,21
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	14,25
PAREDES EM CONTATO COM EDIFÍCIO ADJACENTE	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
Parede	64,74	0,40	0,60	15,54
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	15,54
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
R/C com Cave	85,80	0,35	0,80	24,02
1 $^{\circ}$ Andar com Lavandaria	4,30	0,35	0,80	1,20
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	25,23
COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS-NÃO ÚTEIS)	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00

VÃO EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b <sub>tr</sub> > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m.°C	b <sub>tr</sub>	ψ.B.b <sub>tr</sub> W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H <sub>int</sub>			55,01	W/°C
<b>A.1 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO</b>				
PAREDES ENTERRADAS	Área m <sup>2</sup>	U <sub>bw</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bw</sub> W/°C	
Acesso / Entrada	20,40	0,26	5,36	
	-	-	-	
	-	-	-	
		TOTAL	5,36	
PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z&gt;0).</i>	Área m <sup>2</sup>	U <sub>bf</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bw</sub> W/°C	
Acesso / Entrada	11,00	0,31	3,37	
	-	-	-	
	-	-	-	
		TOTAL	3,37	
PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z ≤ 0) com ou sem isolamentos térmico perimetral.</i>	Área m <sup>2</sup>	U <sub>bf</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bw</sub> W/°C	
	-	-	-	
	-	-	-	
		TOTAL	0,00	
Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H <sub>ecs</sub>			8,73	W/°C

<b>A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO</b>			
	Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext}$	220,32	W/°C
		+	
	Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu} + H_{adj}$	55,01	W/°C
		+	
	Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecs}$	8,73	W/°C
		=	
	Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	284,05	W/°C
<b>A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO</b>			
	Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext}$	220,32	W/°C
		+	
	Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu}$	39,47	W/°C
		+	
	Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecs}$	8,73	W/°C
		=	
	Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	268,52	W/°C

<b>TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA</b>			
<b>A.6 - ENVOLVENTE EXTERIOR</b>			
PAREDES EXTERIORES	Área A	U	U.A
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
correção quando a área de envidraçados excede 20% da área útil			
Oeste	22,95	0,40	9,18
Este	24,14	0,40	9,66
Sul	77,24	0,40	30,90
	-	-	-
	-	-	-
		<b>TOTAL</b>	<b>49,73</b>
PAVIMENTO EM CONTATO COM O EXTERIOR	Área A	U	U.A
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
	-	-	-
	-	-	-
		<b>TOTAL</b>	<b>0,00</b>
COBERTURA EM COTATO COM O EXTERIOR	Área A	U	U.A
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
Cobertura	85,80	0,35	30,03
	-	-	-
	-	-	-
		<b>TOTAL</b>	<b>30,03</b>
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A	U	U.A
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
Quarto 1	2,30	2,80	6,44
Quarto 2	2,30	2,80	6,44
Quarto 3	2,30	2,80	6,44
Quarto 4	2,31	2,80	6,47
WC	0,60	2,80	1,68
Cozinha	1,15	2,80	3,22
Cozinha	2,52	2,80	7,06
Sala	2,31	2,80	6,47
Sala	7,35	2,80	20,58
	-	-	-
	-	-	-
		<b>TOTAL</b>	<b>64,79</b>
VÃOS OPACOS EXTERIORES	Área A	U	U.A
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
Porta de entrada	1,89	0,40	0,76
	-	-	-
	-	-	-
		<b>TOTAL</b>	<b>0,76</b>



PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B	$\Psi$	$\Psi \cdot B$
	m	W/m. $^{\circ}$ C	W/ $^{\circ}$ C
Fach. com pavimentos térreos	17,80	0,50	8,90
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	12,30	0,50	6,15
Fachada com cobertura	24,30	0,50	12,15
Fachada com pavimento intermédio	47,30	0,50	23,65
Duas paredes verticais em ângulo saliente	20,00	0,40	8,00
Fachada com caixilharia	59,40	0,20	11,88
Zona da caixa de estores	17,60	0,20	3,52
	-	-	-
	-	-	-
		<b>TOTAL</b>	<b>74,25</b>

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior $H_{ext}$	<b>219,56</b>	W/ $^{\circ}$ C
--	---------------	-----------------

A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR				
PAREDES EM CONTATO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
Garagem	29,04	0,40	0,80	9,29
Lavandaria	11,70	0,40	0,80	3,74
Porta da Garagem / Casa	1,89	0,40	0,80	0,60
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>13,64</b>
PAREDES EM CONTATO COM EDIFÍCIO ADJACENTE				
	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
Parede	64,74	0,80	0,60	31,08
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>31,08</b>
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS				
	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
R/C com Cave	85,80	0,35	0,80	24,02
1 $^{\circ}$ Andar com Lavandaria	4,30	0,35	0,80	1,20
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>25,23</b>
COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS-NÃO ÚTEIS)				
	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>0,00</b>

VÃO EM CONTATO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub>
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A	U	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub>
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b <sub>tr</sub> > 0,7)	Comp. B	ψ	b <sub>tr</sub>	ψ.B.b <sub>tr</sub>
	m	W/m.°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H <sub>int</sub>			69,94	W/°C
A.1 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO				
PAREDES ENTERRADAS	Área	U <sub>bw</sub>	A.U <sub>bw</sub>	
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C	
Acesso / Entrada	5,36	0,50	10,20	
	-	-	-	
	-	-	-	
			TOTAL	10,20
PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z&gt;0).</i>	Área	U <sub>bf</sub>	A.U <sub>bw</sub>	
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C	
Acesso / Entrada	11,00	0,50	5,50	
	-	-	-	
	-	-	-	
			TOTAL	5,50
PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z ≤ 0) com ou sem isolamentos térmico perimetral.</i>	Área	U <sub>bf</sub>	A.U <sub>bw</sub>	
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C	
	-	-	-	
	-	-	-	
			TOTAL	0,00
Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H <sub>ecs</sub>			15,70	W/°C

A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO			
	<i>Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior</i> $H_{ext REF}$	219,56	W/°C
		+	
	<i>Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior</i> $H_{enu REF} + H_{adj REF}$	69,94	W/°C
		+	
	<i>Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo</i> $H_{ecs REF}$	15,70	W/°C
		=	
	<i>Coeficiente de transferência de calor por transmissão</i> $H_{tr REF}$	305,20	W/°C
A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO			
	<i>Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior</i> $H_{ext REF}$	219,56	W/°C
		+	
	<i>Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior</i> $H_{enu REF}$	38,87	W/°C
		+	
	<i>Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo</i> $H_{ecs REF}$	15,70	W/°C
		=	
	<i>Coeficiente de transferência de calor por transmissão</i> $H_{tr REF}$	274,13	W/°C

**Folha de Cálculo B**

**TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO**

**B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO**

	1	
	-	
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,i}$	0,00	
	x	
Caudal médio diário insuflado $V_{ins}$	0,00	m <sup>3</sup> /h
	/	
$R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d$	185,19	m <sup>3</sup> /h
	=	
fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{ve,e}$	1,00	
	x	
	0,34	
	x	
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,i}$	0,54	h <sup>-1</sup>
	x	
Área útil de pavimento $A_p$	131,90	m <sup>2</sup>
	x	
Pé direito médio da fração $P_d$	2,60	m
	=	
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,i}$	62,96	W/°C

**B.2 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO**

	1	
	-	
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,v}$	0,00	
	x	
Caudal médio diário insuflado $V_{ins}$	0,00	m <sup>3</sup> /h
	/	
$R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d$	205,76	m <sup>3</sup> /h
	=	
fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{ve,e}$	1,00	
	x	
	0,34	
	x	
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,v}$	0,60	h <sup>-1</sup>
	x	
Área útil de pavimento $A_p$	131,90	m <sup>2</sup>
	x	
Pé direito médio da fração $P_d$	2,60	m
	=	
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,v}$	69,96	W/°C

**TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA****B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO**

							0,34		
							x		
						Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,1,REF}$	0,54	$h^{-1}$	
							x		
						Área útil de pavimento $A_p$	131,90	$m^2$	
							x		
						Pé direito médio da fração $P_d$	2,60	m	
							=		
						Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,1,REF}$	62,96	$W/^\circ C$	

Folha de Cálculo C								
GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO								
C.1- GANHOS INTERNOS								
						0,72		
						x		
				Ganhos internos médios $q_{int}$		4	W/m <sup>2</sup>	
						x		
				Duração da estação de aquecimento M		6,16	meses	
						x		
				Área útil de pavimento $A_p$		131,9	m <sup>2</sup>	
						=		
				Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$		2338,49	kWh/ano	
C.2- GANHOS SOLARES								
Designação do envidraçado	Orientação	Fator Solar Inverno $g_i$	Area $A_w$	Fator de Obstrução $F_{s,i}=F_{h,i}.F_{o,i}.F_{f,i}$	Fração Envidraçada $F_g$	Área efetiva coletora $A_{s,i}=A_w.F_{s,i}.F_g.g_i$	Fator de Orientação X	Área Efetiva coletora a Sul $X.A_{s,i}$
		m <sup>2</sup>				m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>
Quarto 1	Oeste	0,68	2,30	0,88	0,70	0,96	0,56	0,54
Quarto 2	Oeste	0,68	2,30	0,88	0,70	0,96	0,56	0,54
Quarto 3	Este	0,68	2,30	0,90	0,70	0,98	0,56	0,55
Quarto 4	Este	0,68	2,31	0,90	0,70	0,98	0,56	0,55
WC	Sul	0,68	0,60	0,90	0,70	0,26	1,00	0,26
Cozinha	Oeste	0,68	1,15	0,63	0,70	0,34	0,56	0,19
Cozinha	Oeste	0,68	2,52	0,63	0,70	0,75	0,56	0,42
Sala	Este	0,68	2,31	0,90	0,70	0,98	0,56	0,55
Sala	Este	0,68	7,35	0,90	0,70	3,13	0,56	1,75
Em nenhum caso o produto $X_j.F_h.F_o.F_f$ deve ser menor que 0,27; Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto $F_o.F_f$ deve ser inferior ou igual a 0,9 exceto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede							TOTAL	5,34
Designação do envidraçado	Orientação	Fator Solar Inverno $g_i$	Area $A_w$	Fator de Obstrução $F_{s,i}=F_{h,i}.F_{o,i}.F_{f,i}$	Fração Envidraçada $F_g$	Área efetiva coletora $A_{s,i}=A_w.F_{s,i}.F_g.g_i$	Fator de Orientação X	Área Efetiva coletora a Sul $X.A_{s,i}$
		m <sup>2</sup>				m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
No calculo de $g_{i,int}$ e $g_{i,ENU}$ não deverão ser considerados os dispositivos solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, $g_i$ será igual ao fator solar do vidro para uma incidência solar normal $g_{Tvi}$ , afetado do fator de seletividade angular $F_{w,i}$							TOTAL	0,00
Área efectiva total equivalente na orientação a Sul						5,34	m <sup>2</sup>	
						x		
Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul $G_{sul}$						130	kWh/m <sup>2</sup> .mês	
						x		
Duração da estação de aquecimento						6,16	meses	
						=		
Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$						4274,23	kWh/ano	

C.3- GANHOS TÉRMICOS BRUTOS		
Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$	2338,49	kWh/ano
	+	
Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$	4274,23	kWh/ano
	=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	6612,72	kWh/ano
C.4- GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA		
Radiação média incidente num encidraçado vertical a Sul $G_{sul}$	130,00	kWh/m <sup>2</sup> .mês
	x	
	0,182	
	x	
	0,20	
	x	
Área útil de pavimento $A_p$	131,90	m <sup>2</sup>
	=	
Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$	624,36	kWh/ano
	+	
Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$	2414,20	kWh/ano
	=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	2962,64	kWh/ano





D.2 - GANHOS SOLARES													
VÃOS ENVIDRAÇADOS													
Designação do Envidraçado	Orientação	Área	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada $F_g$	Factor Sel. angular $F_{w,v}$	Fracção Tempo Prot. Móveis activas $F_{m,v}$	FS Global Prot. Moveis e Perm. $g_T$	FS Global Prot. Perm. $g_{Tp}$	FS de Verão $g_v = F_{m,v} \cdot g_T + (1 - F_{m,v}) \cdot g_{Tp}$	Área Efectiva	Factor de Obstrução	Intensidade da Radiação	$I_{sol} \cdot F_{s,v} \cdot A_s$
		$A_{s,v} = A_w \cdot F_g \cdot g_v$								$F_{s,v} = F_{h,v} \cdot F_{o,v} \cdot F_{f,v}$	$I_{sol}$		
		m <sup>2</sup>									kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh/ano	
Quarto 1	Oeste	2,3	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,45	0,90	490,00	198,09
Quarto 2	Oeste	2,3	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,45	0,90	490,00	198,09
Quarto 3	Este	2,3	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,45	0,90	490,00	198,09
Quarto 4	Este	2,31	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,45	0,90	490,00	198,95
WC	Sul	0,6	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,56	0,25	0,10	0,90	425,00	40,00
Cozinha	Oeste	1,15	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,22	0,90	490,00	99,05
Cozinha	Oeste	2,52	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,49	0,90	490,00	217,04
Sala	Este	2,31	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,45	0,90	490,00	198,95
Sala	Este	7,35	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	1,44	0,90	490,00	633,04
												TOTAL	1981,31

Designação do Envidraçado	Orientação	Área	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada $F_g$	Factor Sel. angular $F_{w,v}$	Fracção Tempo Prot. Móveis activas $F_{m,v}$	FS de Verão do vão interior	FS de Verão do vão do ENU	$g_{v,int} \cdot g_{v,ENU}$	Área Efectiva	Factor de Obstrução $F_{s,v} = F_{h,v} \cdot F_{o,v} \cdot F_{f,v}$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_{s,v} \cdot A_s$
		$g_{v,int}$					$g_{v,ENU}$	$A_{s,v} = A_w \cdot F_g \cdot g_{v,int} \cdot g_{v,ENU}$		$m^2$			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que <b>na ausência de outros sombreamentos o factor de obstrução dos vãos</b></i>												TOTAL	0,00
ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA													
PAREDE EXTERIOR			Orientação	Coeficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op}$	Factor de Obstrução $F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$		
												$m^2$	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
	Oeste	Oeste	0,40	22,95	0,40	0,04	0,15	1,00	490,00	71,97			
	Este	Este	0,40	24,14	0,40		0,15	1,00	490,00	75,70			
	Sul	Sul	0,40	77,24	0,40		0,49	1,00	425,00	210,09			
											TOTAL	357,77	
COBERTURA EXTERIOR			Orientação	Coeficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op}$	Factor de Obstrução $F_s$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$		
												$m^2$	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
	Cobertura	Horizontal	0,50	85,80	0,35	0,04	0,60	1,00	800,00	480,48			
											TOTAL	480,48	

COBERTURA INTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op}$	Factor de Obstrução $F_s$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$
			m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	(m <sup>2</sup> .°C)/W	$R_{se}$ m <sup>2</sup>		kWh/m <sup>2</sup> .ano
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	800,00
								TOTAL
VÃOS OPACOS EXTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op}$	Factor de Obstrução $F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$
			m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	(m <sup>2</sup> .°C)/W	$R_{se}$ m <sup>2</sup>		kWh/m <sup>2</sup> .ano
Porta de entrada	Este	0,50	1,89	0,80	0,04	0,03	0,90	490,00
								TOTAL
Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada				1981,31	kWh/ano			
				+				
Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca				851,58	kWh/ano			
				=				
Ganhos Solares brutos $Q_{sol,v}$				2832,89	kWh/ano			

D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS							
				Ganhos internos brutos $Q_{int,v}$	1544,81	kWh/ano	
					+		
				Ganhos solares brutos $Q_{sol,v}$	2832,89	kWh/ano	
					=		
				Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	4377,71	kWh/ano	
D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA							
				Ganhos internos médios $q_{int}$	4	$W/m^2$	
					x		
				Duração da Estação de Arrefecimento $L_v$	2928	horas	
					÷		
					1000		
					+		
				factor solar de verão de referência $g_{v,REF}$	0,43		
					x		
				$A_w/A_{p,REF}$	0,2		
					x		
				Radiação solar média de referência $I_{sol,REF}$	490	$kWh/m^2.ano$	
					=		
					53,85	$kWh/m^2.ano$	
					x		
				Área útil de Pavimento $A_p$	131,9	$m^2$	
					=		
				Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v,REF}$	7103,08	kWh/ano	

<b>Folha de Cálculo E</b>			
<b>NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO</b>			
<b>E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR</b>			
Coeficiente de transferencia de calor por transmissão H <sub>tr</sub>	284,05	W/°C	
	+		
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar H <sub>ve,i</sub>	62,96	W/°C	
	=		
Coeficiente de transferrência de calor H <sub>t,i</sub>	347,02	W/°C	
<b>E.2 - TRASNFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO</b>			
	0,024		
	x		
Número de graus-dias de aquecimento GD	1215	°C . dias	
	x		
Coeficiente de transferência de calor por transmissão H <sub>tr</sub>	284,05	W/°C	
	=		
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Q <sub>tr,i</sub>	8281,66	kWh/ano	
<b>E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR</b>			
	0,024		
	x		
Número de graus-dias de aquecimento GD	1215	°C . dias	
	x		
Coeficiente de tranferência de calor por renovação do ar H <sub>ve,i</sub>	62,96	W/°C	
	=		
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Q <sub>ve,i</sub>	1835,72	kWh/ano	
<b>E.4 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS</b>			
Inércia do edifício	Forte		
Ganhos térmicos brutos Q <sub>g,i</sub>	6612,72	kWh/ano	
	/		
Trasnferência de calor por transmissão e por renovação do ar Q <sub>tr,i</sub> + Q <sub>ve,i</sub>	10117,38	kWh/ano	
	=		
Parametro $\gamma_i$	0,65		
Parametro a <sub>i</sub>	4,20	W/°C	
Fator de utilização dos ganhos $\eta_i$	0,93		
	x		
Ganhos térmicos brutos Q <sub>g,i</sub>	6612,72	kWh/ano	
	=		
Ganhos totais úteis Q <sub>gu,i</sub>	6181,54	kWh/ano	

<b>E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO</b>			
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	8281,66	kWh/ano	
	+		
Trasferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	1835,72	kWh/ano	
	-		
Ganhos de calor útis na estação de aquecimento $Q_{gu,i}$	2181,54	kWh/ano	
	=		
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	3935,84	kWh/ano	
	/		
Área útil de pavimento	131,9	kWh/ano	
	=		
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $Nic$	29,84	kWh/m <sup>2</sup> .ano	

## LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

### E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

Coeficiente de transferencia de calor por transmissão $H_{tr,REF}$	305,2	W/°C
	+	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i,REF}$	62,96	W/°C
	=	
Coeficiente de transferência de calor $H_{t,i,REF}$	368,17	W/°C

### E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1215	°C . dias
	x	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,REF}$	305,2	W/°C
	=	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i,REF}$	8898,31	kWh/ano

### E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1215	°C . dias
	x	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i}$	62,96	W/°C
	=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	1835,72	kWh/ano

### E.9 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Fator de utilização dos ganhos $\eta_{i,REF}$	0,6	
	x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i,REF}$	2962,64	kWh/ano
	=	
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i,REF}$	1777,59	kWh/ano

**E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,iREF}$	8898,31	kWh/ano
	+	
Trasferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,iREF}$	1835,72	kWh/ano
	-	
Ganhos de calor útis na estação de aquecimento $Q_{gu,iREF}$	1777,59	kWh/ano
	=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	8956,44	kWh/ano
	/	
Área útil de pavimento $A_p$	131,9	kWh/ano
	=	
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_i$	67,9	kWh/m <sup>2</sup> .ano



<b>Folha de Cálculo F</b>			
<b>NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO</b>			
<b>F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR</b>			
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	268,52	W/°C	
	+		
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,v}$	69,96	W/°C	
	=		
Coeficiente de transferência de calor $H_{t,v}$	338,48	W/°C	
<b>F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO</b>			
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	268,52	W/°C	
	x		
$(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext})$	4	°C	
	x		
Duração da estação de arrefecimento $L_v$	2928	horas	
	/		
	1000		
	=		
Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento $Q_{tr,v}$	3223,49	kWh/ano	
<b>F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR</b>			
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,v}$	69,96	W/°C	
	x		
$(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext})$	4	°C	
	x		
Duração da estação de arrefecimento $L_v$	2928	horas	
	/		
	1000		
	=		
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	839,85	kWh/ano	
<b>F.4 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS</b>			
Inércia do edifício	Forte		
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	4377,71	kWh/ano	
	/		
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,v} + Q_{ve,v}$	4063,34	kWh/ano	
	=		
Parametro $\gamma_v$	1,08		
Parametro $a_v$	4,20	W/°C	
Fator de utilização dos ganhos $\eta_v$	0,78		



Folha de Cálculo G								
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA								
G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO								
SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_i \cdot A_p$	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano				kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Caldeira a Gás	Gás Natural		1,00		0,89	1	4422,30	33,53
Sistema por defeito	Electricidade	29,84	0,00	1	1	2,5	0,00	0,00
						TOTAL	4422,30	33,53
G2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO								
SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{puv}$	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v \cdot A_p$	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{puv} / \eta_v$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano				kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema de Referência	Electricidade		1,00		3,00	2,5	326,19	6,18
Sistema por defeito	Electricidade	7,42	0,00	1	3	2,5	0,00	0,00
						TOTAL	326,19	6,18

**G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS**

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS								
CONSUMO DE AQS				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS				
			40				consumo médio diário de referência $M_{AQS}$	180 l
			x					x
	nº convencional de ocupantes de cada fracção n		5	ocupantes				4187
			x					x
	factor de eficiência hídrica		0,9				aumento de temperatura $\Delta T$	35 °C
			=					x
	consumo médio diário de referência MAQS		180 l				nº de dias de consumo	365 dias
								÷
								3600000
								÷
							$A_p$	131,9 m <sup>2</sup>
								=
							Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_a/A_p$	20,28 kWh/m <sup>2</sup> .ano
SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_a/A_p$	fa	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pua}$	Necessidades de Energia Final $f.\delta.Q_a/\eta_a$	Necessidades de Energia primária $f.\delta.Q_a/A_p.F_{pua}/\eta_a$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano				kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Caldeira a Gás	Gás Natural	20,28	0,39	1	0,89	1	1176,91	8,92
Painel Solar Térmico	Renovável Térmica		0,61		1,00	1	1627,00	12,34
Sistema por defeito	Gás Natural		0,00		0,89	1	0,00	0,00
						TOTAL	2803,91	21,26

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA							
Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica $W_{vm}$						0	kWh/ano
						÷	
Área útil de Pavimento $A_p$						131,9	m <sup>2</sup>
						x	
Factor de Conversão $F_{pu}$						2,5	kWh <sub>EP</sub> /kWh
						=	
Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação						0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL				
SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{ren}/A_p$	Factor de Conversão $F_{pu}$	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pu}$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Painél Solar Térmico	Renovável térmica	12,34	1	12,34
TOTAL				12,34

G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA						
				Energia primária para aquecimento	33,53	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					+	
				Energia primária para arrefecimento	6,18	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					+	
				Energia primária para a preparação de AQS	21,26	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					+	
				Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica	0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					-	
				Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável	12,34	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					=	
				Necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>tc</sub>	48,63	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

<b>LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA</b>						
<b>G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA</b>						
<i>SISTEMA PARA AQUECIMENTO</i>	<i>Fonte de Energia</i>	<i>Limite das Necessidades de Energia Útil <math>N_i</math></i> <i>kWh/m<sup>2</sup>.ano</i>	<i><math>f_i</math></i>	<i>Eficiência Nominal de Referência <math>\eta_{i REF}</math></i>	<i>Factor de Conversão <math>F_{pui}</math></i> <i>kWh<sub>EP</sub>/kWh</i>	<i>Limite das Necessidades de Energia Primária <math>f \cdot N_i \cdot F_{pui} / \eta_i</math></i> <i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>
<i>Caldeira a Gás</i>	<i>Gás Natural</i>	67,90	1,00	0,89	1	76,30
<i>Sistema por defeito</i>	<i>Electricidade</i>		0,00	1	2,5	0,00
<i>TOTAL</i>						76,30
-						
<b>G. 8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA</b>						
<i>SISTEMA PARA ARREFECIMENTO</i>	<i>Fonte de Energia</i>	<i>Limite das Necessidades de Energia Útil <math>N_v</math></i> <i>kWh/m<sup>2</sup>.ano</i>	<i><math>f_v</math></i>	<i>Eficiência Nominal de Referência <math>\eta_{v REF}</math></i>	<i>Factor de Conversão <math>F_{puv}</math></i> <i>kWh<sub>EP</sub>/kWh</i>	<i>Limite das Necessidades de Energia Primária <math>f_a \cdot N_v \cdot F_{puv} / \eta_v</math></i> <i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>
<i>Sistema de referência</i>	<i>Electricidade</i>	9,13	1,00	3	2,5	7,61
<i>Sistema por defeito</i>	<i>Electricidade</i>		0,00	0	2,5	0,00
<i>TOTAL</i>						7,61

**G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA**

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA						
CONSUMO DE AQS				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS		
			40			consumo médio diário de referência $M_{AQS}$
			x			200 l
nº convencional de ocupantes de cada fracção n		5	ocupantes			x
			x			4187
factor de eficiência hídrica		1				aumento de temperatura $\Delta T$
			=			35 °C
consumo médio diário de referência MAQS		200	l			x
						nº de dias de consumo
						365 dias
						÷
						3600000
						÷
						$A_p$ 131,9 m <sup>2</sup>
						=
						Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_a/A_p$
						22,53 kWh/m <sup>2</sup> .ano
SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_a/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a REF}$	Factor de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia primária $f \cdot \delta \cdot Q_a/A_p \cdot F_{pua}/\eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Caldeira a Gás	Gás Natural	22,53	1,00	0,89	1	25,31
Sistema por defeito	Gás Natural		0,00	0,89	1	0,00
TOTAL						25,31



<b>G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA</b>						
				<i>Energia primária para aquecimento</i>	76,30	<i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>
					+	
				<i>Energia primária para arrefecimento</i>	7,61	<i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>
					+	
				<i>Energia primária para a preparação de AQS</i>	25,31	<i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>
					=	
				<i>Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N<sub>t</sub></i>	109,22	<i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>

**Síntese**

	Ap (m <sup>2</sup> )	131,9	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m <sup>2</sup> )	23,14	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Forte	
		<b>Cálculo</b>	<b>Referência</b>
	Aenv/Ap	18%	18%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	220,3	219,6
	Hint (W/°C)	55,0	69,9
	Hecls (W/°C)	9	16
	Htr (W/°C)	268,5	274,1
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,54	0,54
	Hve,i (W/°C)	63,0	63,0
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	70,0	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	2338	2338
	Qsol,i (kWh/ano)	4274	624
	Qg,i (kWh/ano)	6613	2963
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	1545	-
	Qsol,v (kWh/ano)	2833	-
	Qg,v (kWh/ano)	4378	7103
	Qtr,i (kWh/ano)	8282	8898
E - Energia nominal para Aquecimento	Qve,i (kWh/ano)	1836	1836
	ηi	0,93	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	6182	1778
	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	29,84	68
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	3223	-
	Qve,v (kWh/ano)	840	-
	ηv	0,78	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	4378	7103
	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	7,42	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	33,53	76,30
	Arrefecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	6,18	7,61
	feh	0,90	1,00
	Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	20,28	22,53
	AQS (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	21,26	25,31
	Vent. Mecânica (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	1627	0
	Renovável (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	12,34	0
	Global (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	<b>48,63</b>	<b>109,22</b>
	<b>CLASSE ENERGÉTICA</b>	<b>Ntc/Nt</b>	<b>0,45</b>

# Anexo E

Folhas de Cálculo do REH para o

Caso 2

Folha de Cálculo A				
A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR				
PAREDES EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	Oeste	22,95	0,4	9,18
	Este	24,14	0,4	9,66
	Sul	77,24	0,4	30,90
		-	-	-
		-	-	-
			TOTAL	49,73
PAVIMENTO EM CONTATO COM O EXTERIOR		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
		-	-	-
		-	-	-
			TOTAL	0,00
COBERTURA EM COTATO COM O EXTERIOR		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	Cobertura	85,8	0,35	30,03
		-	-	-
		-	-	-
			TOTAL	30,03
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	Quarto 1	2,30	2,80	6,44
	Quarto 2	2,30	2,80	6,44
	Quarto 3	2,30	2,80	6,44
	Quarto 4	2,31	2,80	6,47
	WC	0,60	2,80	1,68
	Cozinha	1,15	2,80	3,22
	Cozinha	2,52	2,80	7,06
	Sala	2,31	2,80	6,47
	Sala	7,35	2,80	20,58
		-	-	-
		-	-	-
			TOTAL	64,79
VÃOS OPACOS EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	Porta de entrada	1,89	0,80	1,51
		-	-	-
		-	-	-

PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B	$\Psi$	$\Psi \cdot B$
	m	W/m. $^{\circ}$ C	W/ $^{\circ}$ C
Fach. com pavimentos térreos	17,80	0,50	8,90
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	12,30	0,50	6,15
Fachada com cobertura	24,30	0,50	12,15
Fachada com pavimento intermédio	47,30	0,50	23,65
Duas paredes verticais em ângulo saliente	20,00	0,40	8,00
Fachada com caixilharia	59,40	0,20	11,88
Zona da caixa de estores	17,60	0,20	3,52
	-	-	-
	-	-	-
		TOTAL	74,25
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior $H_{ext}$		220,32	W/ $^{\circ}$ C

A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR				
PAREDES EM CONTATO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	$b_{tr}$	$U \cdot A \cdot b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
Garagem	29,04	0,40	0,80	9,29
Lavandaria	11,70	0,40	0,80	3,74
Porta da Garagem / Casa	1,89	0,80	0,80	1,21
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	14,25
PAREDES EM CONTATO COM EDIFÍCIO ADJACENTE	Área A	U	$b_{tr}$	$U \cdot A \cdot b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
Parede	64,74	0,40	0,60	15,54
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	15,54
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	$b_{tr}$	$U \cdot A \cdot b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
R/C com Cave	85,80	0,35	0,80	24,02
1 $^{\circ}$ Andar com Lavandaria	4,30	0,35	0,80	1,20
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	25,23
COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS-NÃO ÚTEIS)	Área A	U	$b_{tr}$	$U \cdot A \cdot b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00

VÃO EM CONTATO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub>
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A	U	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub>
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b <sub>tr</sub> > 0,7)	Comp. B	ψ	b <sub>tr</sub>	ψ.B.b <sub>tr</sub>
	m	W/m.°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H <sub>int</sub>			55,01	W/°C
<b>A.1 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO</b>				
PAREDES ENTERRADAS	Área	U <sub>bw</sub>	A.U <sub>bw</sub>	
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C	
Acesso / Entrada	20,40	0,26	5,36	
	-	-	-	
	-	-	-	
			TOTAL	5,36
PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z&gt;0).</i>	Área	U <sub>bf</sub>	A.U <sub>bw</sub>	
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C	
Acesso / Entrada	11,00	0,31	3,37	
	-	-	-	
	-	-	-	
			TOTAL	3,37
PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z ≤ 0) com ou sem isolamentos térmico perimetral.</i>	Área	U <sub>bf</sub>	A.U <sub>bw</sub>	
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C	
	-	-	-	
	-	-	-	
			TOTAL	0,00
Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H <sub>ecs</sub>			8,73	W/°C

<b>A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO</b>			
	Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext}$	220,32	W/°C
		+	
	Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu} + H_{adj}$	55,01	W/°C
		+	
	Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecs}$	8,73	W/°C
		=	
	Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	284,05	W/°C
<b>A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO</b>			
	Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext}$	220,32	W/°C
		+	
	Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu}$	39,47	W/°C
		+	
	Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecs}$	8,73	W/°C
		=	
	Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	268,52	W/°C

<b>TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA</b>			
<b>A.6 - ENVOLVENTE EXTERIOR</b>			
PAREDES EXTERIORES	Área A	U	U.A
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
correção quando a área de envidraçados excede 20% da área útil			
Oeste	22,95	0,40	9,18
Este	24,14	0,40	9,66
Sul	77,24	0,40	30,90
	-	-	-
	-	-	-
			<b>TOTAL</b>
			<b>49,73</b>
PAVIMENTO EM CONTATO COM O EXTERIOR	Área A	U	U.A
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
	-	-	-
	-	-	-
			<b>TOTAL</b>
			<b>0,00</b>
COBERTURA EM COTATO COM O EXTERIOR	Área A	U	U.A
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
Cobertura	85,80	0,35	30,03
	-	-	-
	-	-	-
			<b>TOTAL</b>
			<b>30,03</b>
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A	U	U.A
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
Quarto 1	2,30	2,80	6,44
Quarto 2	2,30	2,80	6,44
Quarto 3	2,30	2,80	6,44
Quarto 4	2,31	2,80	6,47
WC	0,60	2,80	1,68
Cozinha	1,15	2,80	3,22
Cozinha	2,52	2,80	7,06
Sala	2,31	2,80	6,47
Sala	7,35	2,80	20,58
	-	-	-
	-	-	-
			<b>TOTAL</b>
			<b>64,79</b>
VÃOS OPACOS EXTERIORES	Área A	U	U.A
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
Porta de entrada	1,89	0,40	0,76
	-	-	-
	-	-	-
			<b>TOTAL</b>
			<b>0,76</b>



PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B	$\Psi$	$\Psi \cdot B$
	m	W/m. $^{\circ}$ C	W/ $^{\circ}$ C
Fach. com pavimentos térreos	17,80	0,50	8,90
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	12,30	0,50	6,15
Fachada com cobertura	24,30	0,50	12,15
Fachada com pavimento intermédio	47,30	0,50	23,65
Duas paredes verticais em ângulo saliente	20,00	0,40	8,00
Fachada com caixilharia	59,40	0,20	11,88
Zona da caixa de estores	17,60	0,20	3,52
	-	-	-
	-	-	-
		<b>TOTAL</b>	<b>74,25</b>
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior $H_{ext}$			
		<b>219,56</b>	W/ $^{\circ}$ C

A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR				
PAREDES EM CONTATO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
Garagem	29,04	0,40	0,80	9,29
Lavandaria	11,70	0,40	0,80	3,74
Porta da Garagem / Casa	1,89	0,40	0,80	0,60
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>13,64</b>
PAREDES EM CONTATO COM EDIFÍCIO ADJACENTE	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
Parede	64,74	0,80	0,60	31,08
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>31,08</b>
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
R/C com Cave	85,80	0,35	0,80	24,02
1 $^{\circ}$ Andar com Lavandaria	4,30	0,35	0,80	1,20
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>25,23</b>
COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS-NÃO ÚTEIS)	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>0,00</b>

VÃO EM CONTACTO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub> W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b <sub>tr</sub> > 0,7)	Comp. B m	ψ W/m.°C	b <sub>tr</sub>	ψ.B.b <sub>tr</sub> W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H <sub>int</sub>			69,94	W/°C
<b>A.1 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO</b>				
PAREDES ENTERRADAS	Área m <sup>2</sup>	U <sub>bw</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bw</sub> W/°C	
Acesso / Entrada	5,36	0,50	10,20	
	-	-	-	
	-	-	-	
		TOTAL	10,20	
PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z&gt;0).</i>	Área m <sup>2</sup>	U <sub>bf</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bw</sub> W/°C	
Acesso / Entrada	11,00	0,50	5,50	
	-	-	-	
	-	-	-	
		TOTAL	5,50	
PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z ≤ 0) com ou sem isolamentos térmico perimetral.</i>	Área m <sup>2</sup>	U <sub>bf</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U <sub>bw</sub> W/°C	
	-	-	-	
	-	-	-	
		TOTAL	0,00	
Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H <sub>ecs</sub>			15,70	W/°C

A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO			
	<i>Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior</i> $H_{ext REF}$	219,56	W/°C
		+	
	<i>Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior</i> $H_{enu REF} + H_{adj REF}$	69,94	W/°C
		+	
	<i>Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo</i> $H_{ecs REF}$	15,70	W/°C
		=	
	<i>Coeficiente de transferência de calor por transmissão</i> $H_{tr REF}$	305,20	W/°C
A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO			
	<i>Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior</i> $H_{ext REF}$	219,56	W/°C
		+	
	<i>Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior</i> $H_{enu REF}$	38,87	W/°C
		+	
	<i>Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo</i> $H_{ecs REF}$	15,70	W/°C
		=	
	<i>Coeficiente de transferência de calor por transmissão</i> $H_{tr REF}$	274,13	W/°C

**Folha de Cálculo B**

**TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO**

**B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO**

	1	
	-	
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,i}$	0,00	
	x	
Caudal médio diário insuflado $V_{ins}$	0,00	m <sup>3</sup> /h
	/	
$R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d$	185,19	m <sup>3</sup> /h
	=	
fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{ve,e}$	1,00	
	x	
	0,34	
	x	
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,i}$	0,54	h <sup>-1</sup>
	x	
Área útil de pavimento $A_p$	131,90	m <sup>2</sup>
	x	
Pé direito médio da fração $P_d$	2,60	m
	=	
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,i}$	62,96	W/°C

**B.2 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO**

	1	
	-	
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,v}$	0,00	
	x	
Caudal médio diário insuflado $V_{ins}$	0,00	m <sup>3</sup> /h
	/	
$R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d$	205,76	m <sup>3</sup> /h
	=	
fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{ve,e}$	1,00	
	x	
	0,34	
	x	
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,v}$	0,60	h <sup>-1</sup>
	x	
Área útil de pavimento $A_p$	131,90	m <sup>2</sup>
	x	
Pé direito médio da fração $P_d$	2,60	m
	=	
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,v}$	69,96	W/°C

## TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

### B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

		0,34	
		x	
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,1,REF}$		0,54	$h^{-1}$
		x	
Área útil de pavimento $A_p$		131,90	$m^2$
		x	
Pé direito médio da fração $P_d$		2,60	m
		=	
Coeficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,1,REF}$		62,96	$W/^\circ C$

Folha de Cálculo C								
GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO								
C.1- GANHOS INTERNOS								
						0,72		
						x		
				Ganhos internos médios $q_{int}$		4	W/m <sup>2</sup>	
						x		
				Duração da estação de aquecimento M		6,16	meses	
						x		
				Área útil de pavimento $A_p$		131,9	m <sup>2</sup>	
						=		
				Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$		2338,49	kWh/ano	
C.2- GANHOS SOLARES								
Designação do envidraçado	Orientação	Fator Solar Inverno $g_i$	Area $A_w$	Fator de Obstrução $F_{s,i}=F_{h,i}.F_{o,i}.F_{f,i}$	Fração Envidraçada $F_g$	Área efetiva coletora $A_{s,i}=A_w.F_{s,i}.F_g.g_i$	Fator de Orientação X	Área Efetiva coletora a Sul $X.A_{s,i}$
		m <sup>2</sup>				m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>
Quarto 1	Norte	0,68	2,30	0,90	0,70	0,98	0,27	0,29
Quarto 2	Norte	0,68	2,30	0,90	0,70	0,98	0,27	0,29
Quarto 3	Sul	0,68	2,30	0,90	0,70	0,98	1,00	0,98
Quarto 4	Sul	0,68	2,31	0,90	0,70	0,98	1,00	0,98
WC	Oeste	0,68	0,60	0,90	0,70	0,26	0,56	0,14
Cozinha	Norte	0,68	1,15	0,90	0,70	0,49	0,27	0,15
Cozinha	Norte	0,68	2,52	0,90	0,70	1,07	0,27	0,32
Sala	Sul	0,68	2,31	0,90	0,70	0,98	1,00	0,98
Sala	Sul	0,68	7,35	0,90	0,70	3,13	1,00	3,13
Em nenhum caso o produto $X_j.F_h.F_o.F_f$ deve ser menor que 0,27; Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto $F_o.F_f$ deve ser inferior ou igual a 0,9 exceto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede							TOTAL	7,27
Designação do envidraçado	Orientação	Fator Solar Inverno $g_i$	Area $A_w$	Fator de Obstrução $F_{s,i}=F_{h,i}.F_{o,i}.F_{f,i}$	Fração Envidraçada $F_g$	Área efetiva coletora $A_{s,i}=A_w.F_{s,i}.F_g.g_i$	Fator de Orientação X	Área Efetiva coletora a Sul $X.A_{s,i}$
		m <sup>2</sup>				m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
No calculo de $g_{i,int}$ e $g_{i,ENU}$ não deverão ser considerados os dispositivos solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, $g_i$ será igual ao fator solar do vidro para uma incidencia solar normal $g_{Tvi}$ , afetado do fator de seletividade angular $F_{w,i}$							TOTAL	0,00
						Área efectiva total equivalente na orientação a Sul	7,27	m <sup>2</sup>
						x		
						Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul $G_{sul}$	130	kWh/m <sup>2</sup> .mês
						x		
						Duração da estação de aquecimento	6,16	meses
						=		
						Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$	5815,03	kWh/ano

C.3- GANHOS TÉRMICOS BRUTOS		
Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$	2338,49	kWh/ano
	+	
Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$	5815,03	kWh/ano
	=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	8153,52	kWh/ano
C.4- GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA		
Radiação média incidente num encidraçado vertical a Sul $G_{sul}$	130,00	kWh/m <sup>2</sup> .mês
	x	
	0,182	
	x	
	0,20	
	x	
Área útil de pavimento $A_p$	131,90	m <sup>2</sup>
	=	
Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$	624,36	kWh/ano
	+	
Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$	2338,49	kWh/ano
	=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	2962,64	kWh/ano





D.2 - GANHOS SOLARES													
VÃOS ENVIDRAÇADOS													
Designação do Envidraçado	Orientação	Área	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada $F_g$	Factor Sel. angular $F_{w,v}$	Fracção Tempo Prot. Móveis activas $F_{m,v}$	FS Global Prot. Moveis e Perm. $g_T$	FS Global Prot. Perm. $g_{Tp}$	FS de Verão $g_v = F_{m,v} \cdot g_T + (1 - F_{m,v}) \cdot g_{Tp}$	Área Efectiva	Factor de Obstrução	Intensidade da Radiação	$I_{sol} \cdot F_{s,v} \cdot A_s$
		$A_{s,v} = A_w \cdot F_g \cdot g_v$								$F_{s,v} = F_{h,v} \cdot F_{o,v} \cdot F_{f,v}$	$I_{sol}$		
		m <sup>2</sup>											
Quarto 1	Norte	2,3	Duplo	0,70	0,80	0,00	0,04	0,60	0,60	0,97	0,90	220,00	191,27
Quarto 2	Norte	2,3	Duplo	0,70	0,80	0,00	0,04	0,60	0,60	0,97	0,90	220,00	191,27
Quarto 3	Sul	2,3	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,56	0,25	0,40	0,90	425,00	153,34
Quarto 4	Sul	2,31	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,56	0,25	0,40	0,90	425,00	154,01
WC	Oeste	0,6	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,12	0,90	490,00	51,68
Cozinha	Norte	1,15	Duplo	0,70	0,80	0,00	0,04	0,60	0,60	0,48	0,90	220,00	95,63
Cozinha	Norte	2,52	Duplo	0,70	0,80	0,00	0,04	0,60	0,60	1,06	0,90	220,00	209,56
Sala	Sul	2,31	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,56	0,25	0,40	0,90	425,00	154,01
Sala	Sul	7,35	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,56	0,25	1,28	0,90	425,00	490,02
												TOTAL	1690,79

Designação do Envidraçado	Orientação	Área	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada $F_g$	Factor Sel. angular $F_{w,v}$	Fracção Tempo Prot. Móveis activas $F_{m,v}$	FS de Verão do vão interior	FS de Verão do vão do ENU	$g_{v,int} \cdot g_{v,ENU}$	Área Efectiva	Factor de Obstrução $F_{s,v} = F_{h,v} \cdot F_{o,v} \cdot F_{f,v}$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_{s,v} \cdot A_s$
		$g_{v,int}$					$g_{v,ENU}$	$A_{s,v} = A_w \cdot F_g \cdot g_{v,int} \cdot g_{v,ENU}$		$m^2$			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que <b>na ausência de outros sombreamentos o factor de obstrução dos vãos</b></i>												TOTAL	0,00
ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA													
PAREDE EXTERIOR			Orientação	Coeficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op}$	Factor de Obstrução $F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$		
												$m^2$	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
	Oeste	Norte	0,40	22,95	0,40	0,04	0,15	1,00	220,00	32,31			
	Este	Sul	0,40	24,14	0,40		0,15	1,00	425,00	65,66			
	Sul	Oeste	0,40	77,24	0,40		0,49	1,00	490,00	242,22			
											TOTAL	340,20	
COBERTURA EXTERIOR			Orientação	Coeficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op}$	Factor de Obstrução $F_s$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$		
												$m^2$	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
	Cobertura	Horizontal	0,50	85,80	0,35	0,04	0,60	1,00	800,00	480,48			
											TOTAL	480,48	

COBERTURA INTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op}$	Factor de Obstrução $F_s$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$
			m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	(m <sup>2</sup> .°C)/W	m <sup>2</sup>		kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh/ano
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	800,00	-
								TOTAL	0,00
VÃOS OPACOS EXTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op}$	Factor de Obstrução $F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$
			m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	(m <sup>2</sup> .°C)/W	m <sup>2</sup>		kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh/ano
Porta de entrada	Sul	0,50	1,89	0,80	0,04	0,03	0,90	425,00	11,57
								TOTAL	11,57
Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada				1690,79	kWh/ano				
				+					
Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca				832,25	kWh/ano				
				=					
Ganhos Solares brutos $Q_{sol,y}$				2523,03	kWh/ano				

<b>D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS</b>			
	Ganhos internos brutos $Q_{int,v}$	1544,81	kWh/ano
		+	
	Ganhos solares brutos $Q_{sol,v}$	2523,03	kWh/ano
		=	
	Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	4067,85	kWh/ano
<b>D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA</b>			
	Ganhos internos médios $q_{int}$	4	$W/m^2$
		x	
	Duração da Estação de Arrefecimento $L_v$	2928	horas
		÷	
		1000	
		+	
	factor solar de verão de referência $g_{v,REF}$	0,43	
		x	
	$A_w/A_{p,REF}$	0,2	
		x	
	Radiação solar média de referência $I_{sol,REF}$	490	$kWh/m^2 \cdot ano$
		=	
		53,85	$kWh/m^2 \cdot ano$
		x	
	Área útil de Pavimento $A_p$	131,9	$m^2$
		=	
	Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v,REF}$	7103,08	kWh/ano

## Folha de Cálculo E

### NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

#### E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Coeficiente de transferencia de calor por transmissão $H_{tr}$	284,05	W/°C
	+	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i}$	62,96	W/°C
	=	
Coeficiente de transferrência de calor $H_{t,i}$	347,02	W/°C

#### E.2 - TRASNFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1215	°C . dias
	x	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	284,05	W/°C
	=	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	8281,66	kWh/ano

#### E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1215	°C . dias
	x	
Coeficiente de tranferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i}$	62,96	W/°C
	=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	1835,72	kWh/ano

#### E.4 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

Inércia do edifício	Forte	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	8153,52	kWh/ano
	/	
Trasnferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,i} + Q_{ve,i}$	10117,38	kWh/ano
	=	
Parametro $\gamma_i$	0,81	
Parametro $a_i$	4,20	W/°C
Fator de utilização dos ganhos $\eta_i$	0,88	
	x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	8153,52	kWh/ano
	=	
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i}$	7205,51	kWh/ano

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO			
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	8281,66	kWh/ano	
	+		
Trasferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	1835,72	kWh/ano	
	-		
Ganhos de calor útis na estação de aquecimento $Q_{gu,i}$	7205,51	kWh/ano	
	=		
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	2911,87	kWh/ano	
	/		
Área útil de pavimento	131,9	kWh/ano	
	=		
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $Nic$	22,08	kWh/m <sup>2</sup> .ano	

## LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

### E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

Coeficiente de transferencia de calor por transmissão $H_{tr,REF}$	305,2	W/°C
	+	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i,REF}$	62,96	W/°C
	=	
Coeficiente de transferência de calor $H_{t,i,REF}$	368,17	W/°C

### E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1215	°C . dias
	x	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,REF}$	305,2	W/°C
	=	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i,REF}$	8898,31	kWh/ano

### E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1215	°C . dias
	x	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i}$	62,96	W/°C
	=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	1835,72	kWh/ano

### E.9 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Fator de utilização dos ganhos $\eta_{i,REF}$	0,6	
	x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i,REF}$	2962,64	kWh/ano
	=	
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i,REF}$	1777,59	kWh/ano

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO			
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,iREF}$	8898,31	kWh/ano	
	+		
Trasferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,iREF}$	1835,72	kWh/ano	
	-		
Ganhos de calor útis na estação de aquecimento $Q_{gu,iREF}$	1777,59	kWh/ano	
	=		
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	8956,44	kWh/ano	
	/		
Área útil de pavimento $A_p$	131,9	kWh/ano	
	=		
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_i$	67,9	kWh/m <sup>2</sup> .ano	



<b>Folha de Cálculo F</b>			
<b>NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO</b>			
<b>F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR</b>			
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	268,52	W/°C	
	+		
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,v}$	69,96	W/°C	
	=		
Coeficiente de transferência de calor $H_{t,v}$	338,48	W/°C	
<b>F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO</b>			
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	268,52	W/°C	
	x		
$(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext})$	4	°C	
	x		
Duração da estação de arrefecimento $L_v$	2928	horas	
	/		
	1000		
	=		
Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento $Q_{tr,v}$	3223,49	kWh/ano	
<b>F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR</b>			
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,v}$	69,96	W/°C	
	x		
$(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext})$	4	°C	
	x		
Duração da estação de arrefecimento $L_v$	2928	horas	
	/		
	1000		
	=		
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	839,85	kWh/ano	
<b>F.4 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS</b>			
Inércia do edifício	Forte		
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	4067,85	kWh/ano	
	/		
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,v} + Q_{ve,v}$	4063,34	kWh/ano	
	=		
Parametro $\gamma_v$	1		
Parametro $a_v$	4,20	W/°C	
Fator de utilização dos ganhos $\eta_v$	0,81		



Folha de Cálculo G								
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA								
G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO								
SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_i \cdot A_p$	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano				kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Caldeira a Gás	Gás Natural		1,00		0,89	1	3271,76	24,80
Sistema por defeito	Electricidade	22,08	0,00	1	1	2,5	0,00	0,00
						TOTAL	3271,76	24,80
G2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO								
SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{puv}$	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v \cdot A_p$	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{puv} / \eta_v$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano				kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema de Referência	Electricidade		1,00		3,00	2,5	261,37	4,95
Sistema por defeito	Electricidade	5,94	0,00	1	3	2,5	0,00	0,00
						TOTAL	261,37	4,95

**G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS**

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS								
CONSUMO DE AQS				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS				
			40				consumo médio diário de referência $M_{AQS}$	180 l
			x					x
	nº convencional de ocupantes de cada fracção n		5	ocupantes				4187
			x					x
	factor de eficiência hídrica		0,9				aumento de temperatura $\Delta T$	35 °C
			=					x
	consumo médio diário de referência $MAQS$		180 l				nº de dias de consumo	365 dias
								÷
								3600000
								÷
							$A_p$	131,9 m <sup>2</sup>
								=
							Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_a/A_p$	20,28 kWh/m <sup>2</sup> .ano

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_a/A_p$	fa	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pua}$	Necessidades de Energia Final $f \cdot \delta \cdot Q_a / \eta_a$	Necessidades de Energia primária $f \cdot \delta \cdot Q_a / A_p \cdot F_{pua} / \eta_a$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano					kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Caldeira a Gás	Gás Natural	20,28	0,39	1	0,89	1	1176,91	8,92
Painel Solar Térmico	Renovável Térmica		0,61		1,00	1	1627,00	12,34
Sistema por defeito	Gás Natural		0,00		0,89	1	0,00	0,00
						TOTAL	2803,91	21,26

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA				
Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica $W_{vm}$			0	kWh/ano
			÷	
	Área útil de Pavimento $A_p$		131,9	m <sup>2</sup>
			x	
	Factor de Conversão $F_{pu}$		2,5	kWh <sub>EP</sub> /kWh
			=	
	Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação		0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL				
SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{ren}/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	Factor de Conversão $F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Painél Solar Térmico	Renovável térmica	12,34	1	12,34
			TOTAL	12,34

G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA						
				Energia primária para aquecimento	24,80	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					+	
				Energia primária para arrefecimento	4,95	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					+	
				Energia primária para a preparação de AQS	21,26	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					+	
				Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica	0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					-	
				Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável	12,34	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					=	
				Necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>tc</sub>	38,67	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

**G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA**

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_i$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i REF}$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f \cdot N_i \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Caldeira a Gás	Gás Natural	67,90	1,00	0,89	1	76,30
Sistema por defeito	Electricidade		0,00	1	2,5	0,00
<b>TOTAL</b>						<b>76,30</b>

**G. 8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA**

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_v$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v REF}$	Factor de Conversão $F_{puv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot N_v \cdot F_{puv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema de referência	Electricidade	9,13	1,00	3	2,5	7,61
Sistema por defeito	Electricidade		0,00	0	2,5	0,00
<b>TOTAL</b>						<b>7,61</b>

**G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA**

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA								
CONSUMO DE AQS				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS				
			40			consumo médio diário de referência $M_{AQS}$	200	l
			x				x	
	nº convencional de ocupantes de cada fracção n		5	ocupantes			4187	
			x				x	
	factor de eficiência hídrica		1			aumento de temperatura $\Delta T$	35	°C
			=				x	
	consumo médio diário de referência MAQS		200	l		nº de dias de consumo	365	dias
							÷	
							3600000	
							÷	
							$A_p$	131,9 m <sup>2</sup>
							=	
						Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_a/A_p$	22,53	kWh/m <sup>2</sup> .ano

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_a/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a REF}$	Factor de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia primária $f \cdot \delta \cdot Q_a/A_p \cdot F_{pua}/\eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Caldeira a Gás	Gás Natural	22,53	1,00	0,89	1	25,31
Sistema por defeito	Gás Natural		0,00	0,89	1	0,00
<b>TOTAL</b>						<b>25,31</b>



<b>G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA</b>						
			<i>Energia primária para aquecimento</i>	76,30	<i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>	
				+		
			<i>Energia primária para arrefecimento</i>	7,61	<i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>	
				+		
			<i>Energia primária para a preparação de AQS</i>	25,31	<i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>	
				=		
			<i>Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N<sub>t</sub></i>	109,22	<i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>	

**Síntese**

	Ap (m <sup>2</sup> )	131,9	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m <sup>2</sup> )	23,14	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Forte	
		<b>Cálculo</b>	<b>Referência</b>
	Aenv/Ap	18%	18%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	220,3	219,6
	Hint (W/°C)	55,0	69,9
	Hecls (W/°C)	9	16
	Htr (W/°C)	268,5	274,1
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,54	0,54
	Hve,i (W/°C)	63,0	63,0
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	70,0	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	2338	2338
	Qsol,i (kWh/ano)	5815	624
	Qg,i (kWh/ano)	8154	2963
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	1545	-
	Qsol,v (kWh/ano)	2523	-
	Qg,v (kWh/ano)	4068	7103
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	8282	8898
	Qve,i (kWh/ano)	1836	1836
	ηi	0,88	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	7206	1778
	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	22,08	68
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	3223	-
	Qve,v (kWh/ano)	840	-
	ηv	0,81	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	4068	7103
	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	5,94	9
	Aquecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	24,80	76,30
	Arrefecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	4,95	7,61
G - Energia Global	feh	0,90	1,00
	Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	20,28	22,53
	AQS (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	21,26	25,31
	Vent. Mecânica (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	1627	0
	Renovável (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	12,34	0
	Global (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	<b>38,68</b>	<b>109,22</b>

**CLASSE ENERGÉTICA**      **Ntc/Nt**      **0,35**      **A**

# Anexo F

Folhas de Cálculo do REH para o

Caso 3

Folha de Cálculo A				
A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR				
PAREDES EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	Oeste	22,95	0,4	9,18
	Este	24,14	0,4	9,66
	Sul	76,24	0,4	30,50
		-	-	-
		-	-	-
			TOTAL	49,33
PAVIMENTO EM CONTATO COM O EXTERIOR		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
		-	-	-
		-	-	-
			TOTAL	0,00
COBERTURA EM COTATO COM O EXTERIOR		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	Cobertura	85,8	0,35	30,03
		-	-	-
		-	-	-
			TOTAL	30,03
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	Quarto 1	2,30	2,80	6,44
	Quarto 2	2,30	2,80	6,44
	Quarto 3	2,30	2,80	6,44
	Quarto 4	2,31	2,80	6,47
	WC	0,60	2,80	1,68
	Cozinha	1,15	2,80	3,22
	Cozinha	2,52	2,80	7,06
	Sala	2,31	2,80	6,47
	Sala	7,35	2,80	20,58
	Sala (Novo envidraçado)	1,00	2,80	2,80
		-	-	-
			TOTAL	67,59
VÃOS OPACOS EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	Porta de entrada	1,89	0,80	1,51
		-	-	-
		-	-	-
			TOTAL	1,51

PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B	$\Psi$	$\Psi \cdot B$
	m	W/m. $^{\circ}$ C	W/ $^{\circ}$ C
Fach. com pavimentos térreos	17,80	0,50	8,90
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	12,30	0,50	6,15
Fachada com cobertura	24,30	0,50	12,15
Fachada com pavimento intermédio	47,30	0,50	23,65
Duas paredes verticais em ângulo saliente	20,00	0,40	8,00
Fachada com caixilharia	63,40	0,20	12,68
Zona da caixa de estores	18,60	0,20	3,72
	-	-	-
	-	-	-
		TOTAL	75,25
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior $H_{ext}$		223,72	W/ $^{\circ}$ C

A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR				
PAREDES EM CONTATO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
Garagem	29,04	0,40	0,80	9,29
Lavandaria	11,70	0,40	0,80	3,74
Porta da Garagem / Casa	1,89	0,80	0,80	1,21
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	14,25
PAREDES EM CONTATO COM EDIFÍCIO ADJACENTE	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
Parede	64,74	0,40	0,60	15,54
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	15,54
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
R/C com Cave	85,80	0,35	0,80	24,02
1 $^{\circ}$ Andar com Lavandaria	4,30	0,35	0,80	1,20
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	25,23
COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS-NÃO ÚTEIS)	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00

VÃO EM CONTATO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub>
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A	U	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub>
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b <sub>tr</sub> > 0,7)	Comp. B	ψ	b <sub>tr</sub>	ψ.B.b <sub>tr</sub>
	m	W/m.°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H <sub>int</sub>		55,01	W/°C	
<b>A.1 - ELEMENTOS EM CONTATO COM O SOLO</b>				
PAREDES ENTERRADAS	Área	U <sub>bw</sub>	A.U <sub>bw</sub>	
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C	
Acesso / Entrada	20,40	0,26	5,36	
	-	-	-	
	-	-	-	
			TOTAL	5,36
PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z&gt;0).</i>	Área	U <sub>bf</sub>	A.U <sub>bw</sub>	
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C	
Acesso / Entrada	11,00	0,31	3,37	
	-	-	-	
	-	-	-	
			TOTAL	3,37
PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z ≤ 0) com ou sem isolamentos térmico perimetral.</i>	Área	U <sub>bf</sub>	A.U <sub>bw</sub>	
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C	
	-	-	-	
	-	-	-	
			TOTAL	0,00
Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H <sub>ecs</sub>		8,73	W/°C	

<b>A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO</b>			
	Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext}$	223,72	W/°C
		+	
	Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu} + H_{adj}$	55,01	W/°C
		+	
	Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecs}$	8,73	W/°C
		=	
	Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	287,45	W/°C
<b>A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO</b>			
	Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext}$	223,72	W/°C
		+	
	Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu}$	39,47	W/°C
		+	
	Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecs}$	8,73	W/°C
		=	
	Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	271,92	W/°C

<b>TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA</b>			
<b>A.6 - ENVOLVENTE EXTERIOR</b>			
PAREDES EXTERIORES	Área A	U	U.A
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
correção quando a área de envidraçados excede 20% da área útil			
Oeste	22,95	0,40	9,18
Este	24,14	0,40	9,66
Sul	76,24	0,40	30,50
	-	-	-
	-	-	-
		<b>TOTAL</b>	<b>49,33</b>
PAVIMENTO EM CONTATO COM O EXTERIOR	Área A	U	U.A
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
	-	-	-
	-	-	-
		<b>TOTAL</b>	<b>0,00</b>
COBERTURA EM COTATO COM O EXTERIOR	Área A	U	U.A
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
Cobertura	85,80	0,35	30,03
	-	-	-
	-	-	-
		<b>TOTAL</b>	<b>30,03</b>
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A	U	U.A
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
Quarto 1	2,30	2,80	6,44
Quarto 2	2,30	2,80	6,44
Quarto 3	2,30	2,80	6,44
Quarto 4	2,31	2,80	6,47
WC	0,60	2,80	1,68
Cozinha	1,15	2,80	3,22
Cozinha	2,52	2,80	7,06
Sala	2,31	2,80	6,47
Sala	7,35	2,80	20,58
Sala (Novo Envidraçado)	1,00	2,80	2,80
	-	-	-
		<b>TOTAL</b>	<b>67,59</b>
VÃOS OPACOS EXTERIORES	Área A	U	U.A
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
Porta de entrada	1,89	0,40	0,76
	-	-	-
	-	-	-
		<b>TOTAL</b>	<b>0,76</b>



PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B	$\Psi$	$\Psi \cdot B$
	m	W/m. $^{\circ}$ C	W/ $^{\circ}$ C
Fach. com pavimentos térreos	17,80	0,50	8,90
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	12,30	0,50	6,15
Fachada com cobertura	24,30	0,50	12,15
Fachada com pavimento intermédio	47,30	0,50	23,65
Duas paredes verticais em ângulo saliente	20,00	0,40	8,00
Fachada com caixilharia	63,40	0,20	12,68
Zona da caixa de estores	18,60	0,20	3,72
	-	-	-
	-	-	-
		<b>TOTAL</b>	<b>75,25</b>

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior $H_{ext}$	222,96	W/ $^{\circ}$ C
--	--------	-----------------

A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR				
PAREDES EM CONTATO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
Garagem	29,04	0,40	0,80	9,29
Lavandaria	11,70	0,40	0,80	3,74
Porta da Garagem / Casa	1,89	0,40	0,80	0,60
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>13,64</b>
PAREDES EM CONTATO COM EDIFÍCIO ADJACENTE	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
Parede	64,74	0,80	0,60	31,08
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>31,08</b>
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
R/C com Cave	85,80	0,35	0,80	24,02
1 $^{\circ}$ Andar com Lavandaria	4,30	0,35	0,80	1,20
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>25,23</b>
COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS-NÃO ÚTEIS)	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>0,00</b>

VÃO EM CONTATO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub>
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A	U	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub>
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b <sub>tr</sub> > 0,7)	Comp. B	ψ	b <sub>tr</sub>	ψ.B.b <sub>tr</sub>
	m	W/m.°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H <sub>int</sub>				69,94 W/°C
<b>A.1 - ELEMENTOS EM CONTATO COM O SOLO</b>				
PAREDES ENTERRADAS	Área	U <sub>bw</sub>	A.U <sub>bw</sub>	
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C	
Acesso / Entrada	5,36	0,50	10,20	
	-	-	-	
	-	-	-	
			TOTAL	10,20
PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z&gt;0).</i>	Área	U <sub>bf</sub>	A.U <sub>bw</sub>	
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C	
Acesso / Entrada	11,00	0,50	5,50	
	-	-	-	
	-	-	-	
			TOTAL	5,50
PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z ≤ 0) com ou sem isolamentos térmico perimetral.</i>	Área	U <sub>bf</sub>	A.U <sub>bw</sub>	
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C	
	-	-	-	
	-	-	-	
			TOTAL	0,00
Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H <sub>ecs</sub>				15,70 W/°C

A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO			
	<i>Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior</i> $H_{ext REF}$	222,96	W/°C
		+	
	<i>Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior</i> $H_{enu REF} + H_{adj REF}$	69,94	W/°C
		+	
	<i>Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo</i> $H_{ecs REF}$	15,70	W/°C
		=	
	<i>Coefficiente de transferência de calor por transmissão</i> $H_{tr REF}$	308,60	W/°C
A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO			
	<i>Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior</i> $H_{ext REF}$	222,96	W/°C
		+	
	<i>Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior</i> $H_{enu REF}$	38,87	W/°C
		+	
	<i>Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo</i> $H_{ecs REF}$	15,70	W/°C
		=	
	<i>Coefficiente de transferência de calor por transmissão</i> $H_{tr REF}$	277,53	W/°C

**Folha de Cálculo B**

**TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO**

**B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO**

	1	
	-	
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,i}$	0,00	
	x	
Caudal médio diário insuflado $V_{ins}$	0,00	m <sup>3</sup> /h
	/	
$R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d$	185,19	m <sup>3</sup> /h
	=	
fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{ve,e}$	1,00	
	x	
	0,34	
	x	
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,i}$	0,54	h <sup>-1</sup>
	x	
Área útil de pavimento $A_p$	131,90	m <sup>2</sup>
	x	
Pé direito médio da fração $P_d$	2,60	m
	=	
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,i}$	62,96	W/°C

**B.2 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO**

	1	
	-	
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,v}$	0,00	
	x	
Caudal médio diário insuflado $V_{ins}$	0,00	m <sup>3</sup> /h
	/	
$R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d$	205,76	m <sup>3</sup> /h
	=	
fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{ve,e}$	1,00	
	x	
	0,34	
	x	
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,v}$	0,60	h <sup>-1</sup>
	x	
Área útil de pavimento $A_p$	131,90	m <sup>2</sup>
	x	
Pé direito médio da fração $P_d$	2,60	m
	=	
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,v}$	69,96	W/°C



Folha de Cálculo C								
GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO								
C.1- GANHOS INTERNOS								
						0,72		
						x		
				Ganhos internos médios $q_{int}$		4	W/m <sup>2</sup>	
						x		
				Duração da estação de aquecimento M		6,16	meses	
						x		
				Área útil de pavimento $A_p$		131,9	m <sup>2</sup>	
						=		
				Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$		2338,49	kWh/ano	
C.2- GANHOS SOLARES								
Designação do envidraçado	Orientação	Fator Solar Inverno $g_i$	Area $A_w$	Fator de Obstrução $F_{s,j}=F_{h,i}.F_{o,i}.F_{f,j}$	Fração Envidraçada $F_g$	Área efetiva coletora $A_{s,i}=A_w.F_{s,i}.F_g.g_i$	Fator de Orientação X	Área Efetiva coletora a Sul $X.A_{s,i}$
		m <sup>2</sup>				m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>
Quarto 1	Oeste	0,68	2,30	0,88	0,70	0,96	0,56	0,54
Quarto 2	Oeste	0,68	2,30	0,88	0,70	0,96	0,56	0,54
Quarto 3	Este	0,68	2,30	0,90	0,70	0,98	0,56	0,55
Quarto 4	Este	0,68	2,31	0,90	0,70	0,98	0,56	0,55
WC	Sul	0,68	0,60	0,90	0,70	0,26	1,00	0,26
Cozinha	Oeste	0,68	1,15	0,63	0,70	0,34	0,56	0,19
Cozinha	Oeste	0,68	2,52	0,63	0,70	0,75	0,56	0,42
Sala	Este	0,68	2,31	0,90	0,70	0,98	0,56	0,55
Sala	Este	0,68	7,35	0,90	0,70	3,13	0,56	1,75
Sala (Novo)	Sul	0,68	1,00	0,90	0,70	0,43	1,00	0,43
Em nenhum caso o produto $X_j.F_h.F_o.F_f$ deve ser menor que 0,27; Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto $F_o.F_f$ deve ser inferior ou igual a 0,9 exceto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede							TOTAL	5,77
Designação do envidraçado	Orientação	Fator Solar Inverno $g_i$	Area $A_w$	Fator de Obstrução $F_{s,j}=F_{h,i}.F_{o,i}.F_{f,j}$	Fração Envidraçada $F_g$	Área efetiva coletora $A_{s,i}=A_w.F_{s,i}.F_g.g_i$	Fator de Orientação X	Área Efetiva coletora a Sul $X.A_{s,i}$
		m <sup>2</sup>				m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
No calculo de $g_{i,int}$ e $g_{i,ENU}$ não deverão ser considerados os dispositivos solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, $g_i$ será igual ao fator solar do vidro para uma incidencia solar normal $g_{Tvi}$ , afetado do fator de seletividade angular $F_{w,i}$							TOTAL	0,00
						Área efectiva total equivalente na orientação a Sul	5,77	m <sup>2</sup>
						x		
						Radiação média incidente num envidraçado vertigal a Sul $G_{sul}$	130	kWh/m <sup>2</sup> .mês
						x		
						Duração da estação de aquecimento	6,16	meses
						=		
						Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$	4614,55	kWh/ano

C.3- GANHOS TÉRMICOS BRUTOS			
	Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$	2338,49	kWh/ano
		+	
	Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$	4614,55	kWh/ano
		=	
	Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	6953,04	kWh/ano
C.4- GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA			
	Radiação média incidente num encidraçado vertical a Sul $G_{sul}$	130,00	kWh/m <sup>2</sup> .mês
		x	
		0,182	
		x	
		0,20	
		x	
	Área útil de pavimento $A_p$	131,90	m <sup>2</sup>
		=	
	Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$	624,36	kWh/ano
		+	
	Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$	2414,20	kWh/ano
		=	
	Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	2962,64	kWh/ano

Folha de Cálculo D										
D.1 - GANHOS INTERNOS										
						Ganhos internos médios $q_{int}$	4	W/m <sup>2</sup>		
							x			
						Duração da estação de arrefecimento $L_v$	2928	horas		
							x			
						Área útil de pavimento $A_p$	131,90	m <sup>2</sup>		
							÷			
							1000			
							=			
						Ganhos internos brutos $Q_{int,v}$	1544,81	kWh/ano		



D.2 - GANHOS SOLARES													
VÃOS ENVIDRAÇADOS													
Designação do Envidraçado	Orientação	Área	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada $F_g$	Factor Sel. angular $F_{w,v}$	Fracção Tempo Prot. Móveis activas $F_{m,v}$	FS Global Prot. Moveis e Perm. $g_T$	FS Global Prot. Perm. $g_{Tp}$	FS de Verão $g_v = F_{m,v} \cdot g_T + (1 - F_{m,v}) \cdot g_{Tp}$	Área Efectiva	Factor de Obstrução $F_{s,v} = F_{h,v} \cdot F_{o,v} \cdot F_{f,v}$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_{s,v} \cdot A_s$
		$A_{s,v} = A_w \cdot F_g \cdot g_v$								$F_{f,v}$		$kWh/m^2 \cdot ano$	
Quarto 1	Oeste	2,3	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,45	0,90	490,00	198,09
Quarto 2	Oeste	2,3	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,45	0,90	490,00	198,09
Quarto 3	Este	2,3	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,45	0,90	490,00	198,09
Quarto 4	Este	2,31	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,45	0,90	490,00	198,95
WC	Sul	0,6	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,56	0,25	0,10	0,90	425,00	40,00
Cozinha	Oeste	1,15	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,22	0,90	490,00	99,05
Cozinha	Oeste	2,52	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,49	0,90	490,00	217,04
Sala	Este	2,31	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,45	0,90	490,00	198,95
Sala	Este	7,35	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	1,44	0,90	490,00	633,04
Sala (N)	Sul	1,00	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,56	0,25	0,17	0,90	425,00	66,67
												TOTAL	2047,98

Designação do Envidraçado	Orientação	Área	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada $F_g$	Factor Sel. angular $F_{w,v}$	Fracção Tempo Prot. Móveis activas $F_{m,v}$	FS de Verão do vão interior	FS de Verão do vão do ENU	$g_{v,int} \cdot g_{v,ENU}$	Área Efectiva	Factor de Obstrução $F_{s,v} = F_{h,v} \cdot F_{o,v} \cdot F_{f,v}$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_{s,v} \cdot A_s$
		$g_{v,int}$					$g_{v,ENU}$	$A_{s,v} = A_w \cdot F_g \cdot g_{v,int} \cdot g_{v,ENU}$		$m^2$			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que <b>na ausência de outros sombreamentos o factor de obstrução dos vãos</b></i>												TOTAL	0,00
ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA													
PAREDE EXTERIOR			Orientação	Coeficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op}$	Factor de Obstrução $F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$		
												$m^2$	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
			Oeste	Oeste	0,40	22,95	0,40	0,04	0,15	1,00	490,00	71,97	
			Este	Este	0,40	24,14	0,40		0,15	1,00	490,00	75,70	
			Sul	Sul	0,40	76,24	0,40		0,49	1,00	425,00	207,37	
												TOTAL	355,05
COBERTURA EXTERIOR			Orientação	Coeficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op}$	Factor de Obstrução $F_s$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$		
												$m^2$	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
			Cobertura	Horizontal	0,50	85,80	0,35	0,04	0,60	1,00	800,00	480,48	
												TOTAL	480,48

COBERTURA INTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op}$	Factor de Obstrução $F_s$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$
			m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	(m <sup>2</sup> .°C)/W	m <sup>2</sup>		kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh/ano
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	800,00	-
								TOTAL	0,00
VÃOS OPACOS EXTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op}$	Factor de Obstrução $F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$
			m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	(m <sup>2</sup> .°C)/W	m <sup>2</sup>		kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh/ano
Porta de entrada	Este	0,50	1,89	0,80	0,04	0,03	0,90	490,00	13,34
								TOTAL	13,34
Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada				2047,98	kWh/ano				
				+					
Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca				848,86	kWh/ano				
				=					
Ganhos Solares brutos $Q_{sol,y}$				2896,84	kWh/ano				



## Folha de Cálculo E

### NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

#### E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Coeficiente de transferencia de calor por transmissão $H_{tr}$	287,45	W/°C
	+	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i}$	62,96	W/°C
	=	
Coeficiente de transferrência de calor $H_{t,i}$	350,42	W/°C

#### E.2 - TRASNFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1215	°C . dias
	x	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	287,45	W/°C
	=	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	8380,79	kWh/ano

#### E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1215	°C . dias
	x	
Coeficiente de tranferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i}$	62,96	W/°C
	=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	1835,72	kWh/ano

#### E.4 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

Inércia do edifício	Forte	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	6953,04	kWh/ano
	/	
Trasnferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,i} + Q_{ve,i}$	10216,51	kWh/ano
	=	
Parametro $\gamma_i$	0,68	
Parametro $a_i$	4,20	W/°C
Fator de utilização dos ganhos $\eta_i$	0,93	
	x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	6953,04	kWh/ano
	=	
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i}$	6442,9	kWh/ano

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO			
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	8380,79	kWh/ano	
	+		
Trasferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	1835,72	kWh/ano	
	-		
Ganhos de calor útis na estação de aquecimento $Q_{gu,i}$	6442,9	kWh/ano	
	=		
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	3773,62	kWh/ano	
	/		
Área útil de pavimento	131,9	kWh/ano	
	=		
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $Nic$	28,61	kWh/m <sup>2</sup> .ano	

## LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

### E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

Coeficiente de transferencia de calor por transmissão $H_{tr,REF}$	308,6	W/°C
	+	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i,REF}$	62,96	W/°C
	=	
Coeficiente de transferência de calor $H_{t,i,REF}$	371,57	W/°C

### E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1215	°C . dias
	x	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,REF}$	308,6	W/°C
	=	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i,REF}$	8997,43	kWh/ano

### E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1215	°C . dias
	x	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i}$	62,96	W/°C
	=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	1835,72	kWh/ano

### E.9 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Fator de utilização dos ganhos $\eta_{i,REF}$	0,6	
	x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i,REF}$	2962,64	kWh/ano
	=	
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i,REF}$	1777,59	kWh/ano

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO			
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,iREF}$	8997,43	kWh/ano	
	+		
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,iREF}$	1835,72	kWh/ano	
	-		
Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,iREF}$	1777,59	kWh/ano	
	=		
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	9055,57	kWh/ano	
	/		
Área útil de pavimento $A_p$	131,9	kWh/ano	
	=		
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_i$	68,65	kWh/m <sup>2</sup> .ano	



<b>Folha de Cálculo F</b>			
<b>NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO</b>			
<b>F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR</b>			
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	271,92	W/°C	
	+		
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,v}$	69,96	W/°C	
	=		
Coeficiente de transferência de calor $H_{t,v}$	341,88	W/°C	
<b>F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO</b>			
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	271,92	W/°C	
	x		
$(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext})$	4	°C	
	x		
Duração da estação de arrefecimento $L_v$	2928	horas	
	/		
	1000		
	=		
Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento $Q_{tr,v}$	3264,31	kWh/ano	
<b>F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR</b>			
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,v}$	69,96	W/°C	
	x		
$(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext})$	4	°C	
	x		
Duração da estação de arrefecimento $L_v$	2928	horas	
	/		
	1000		
	=		
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	839,85	kWh/ano	
<b>F.4 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS</b>			
Inércia do edifício	Forte		
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	4441,66	kWh/ano	
	/		
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,v} + Q_{ve,v}$	4104,16	kWh/ano	
	=		
Parametro $\gamma_v$	1,08		
Parametro $a_v$	4,20	W/°C	
Fator de utilização dos ganhos $\eta_v$	0,77		



Folha de Cálculo G								
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA								
G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO								
SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_i \cdot A_p$	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano				kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Caldeira a Gás	Gás Natural		1,00		0,89	1	4240,02	32,15
Sistema por defeito	Electricidade	28,61	0,00	1	1	2,5	0,00	0,00
TOTAL							4240,02	32,15
G2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO								
SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{puv}$	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v \cdot A_p$	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{puv} / \eta_v$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano				kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema de Referência	Electricidade		1,00		3,00	2,5	333,85	6,33
Sistema por defeito	Electricidade	7,59	0,00	1	3	2,5	0,00	0,00
TOTAL							333,85	6,33

**G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS**

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS								
CONSUMO DE AQS					Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS			
				40			consumo médio diário de referência $M_{AQS}$	180 l
			x					x
	nº convencional de ocupantes de cada fracção n		5	ocupantes				4187
			x					x
	factor de eficiência hídrica		0,9				aumento de temperatura $\Delta T$	35 °C
			=					x
	consumo médio diário de referência MAQS		180 l				nº de dias de consumo	365 dias
								÷
								3600000
								÷
							$A_p$	131,9 m <sup>2</sup>
								=
							Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_a/A_p$	20,28 kWh/m <sup>2</sup> .ano
SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_a/A_p$	fa	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pua}$	Necessidades de Energia Final $f.\delta.Q_a/\eta_a$	Necessidades de Energia primária $f.\delta.Q_a/A_p.F_{pua}/\eta_a$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano				kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Caldeira a Gás	Gás Natural	20,28	0,39	1	0,89	1	1176,91	8,92
Painel Solar Térmico	Renovável Térmica		0,61		1,00	1	1627,00	12,34
Sistema por defeito	Gás Natural		0,00		0,89	1	0,00	0,00
						TOTAL	2803,91	21,26

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA				
Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica $W_{vm}$			0	kWh/ano
			÷	
	Área útil de Pavimento $A_p$		131,9	m <sup>2</sup>
			x	
	Factor de Conversão $F_{pu}$		2,5	kWh <sub>EP</sub> /kWh
			=	
	Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação		0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL				
SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{ren}/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	Factor de Conversão $F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Painél Solar Térmico	Renovável térmica	12,34	1	12,34
			TOTAL	12,34

G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA						
				Energia primária para aquecimento	32,15	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					+	
				Energia primária para arrefecimento	6,33	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					+	
				Energia primária para a preparação de AQS	21,26	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					+	
				Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica	0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					-	
				Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável	12,34	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					=	
				Necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>tc</sub>	47,40	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

**G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA**

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_i$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i REF}$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f \cdot N_i \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Caldeira a Gás	Gás Natural	68,65	1,00	0,89	1	77,14
Sistema por defeito	Electricidade		0,00	1	2,5	0,00
<b>TOTAL</b>						<b>77,14</b>

**G. 8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA**

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_v$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v REF}$	Factor de Conversão $F_{puv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot N_v \cdot F_{puv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema de referência	Electricidade	9,13	1,00	3	2,5	7,61
Sistema por defeito	Electricidade		0,00	0	2,5	0,00
<b>TOTAL</b>						<b>7,61</b>

**G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA**

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA								
CONSUMO DE AQS				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS				
			40			consumo médio diário de referência $M_{AQS}$	200	l
			x				x	
	nº convencional de ocupantes de cada fracção n		5	ocupantes			4187	
			x				x	
	factor de eficiência hídrica		1			aumento de temperatura $\Delta T$	35	°C
			=				x	
	consumo médio diário de referência MAQS		200	l		nº de dias de consumo	365	dias
							÷	
							3600000	
							÷	
							$A_p$	131,9 m <sup>2</sup>
							=	
						Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_a/A_p$	22,53	kWh/m <sup>2</sup> .ano

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_a/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a REF}$	Factor de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia primária $f \cdot \delta \cdot Q_a/A_p \cdot F_{pua}/\eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Caldeira a Gás	Gás Natural	22,53	1,00	0,89	1	25,31
Sistema por defeito	Gás Natural	22,53	0,00	0,89	1	0,00
<b>TOTAL</b>						<b>25,31</b>



<b>G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA</b>					
		<i>Energia primária para aquecimento</i>	77,14	<i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>	
			+		
		<i>Energia primária para arrefecimento</i>	7,61	<i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>	
			+		
		<i>Energia primária para a preparação de AQS</i>	25,31	<i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>	
			=		
		<i>Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N<sub>t</sub></i>	110,06	<i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>	

**Síntese**

	Ap (m <sup>2</sup> )	131,9	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m <sup>2</sup> )	24,14	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Forte	
		<b>Cálculo</b>	<b>Referência</b>
	Aenv/Ap	18%	18%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	223,7	223,0
	Hint (W/°C)	55,0	69,9
	Hecs (W/°C)	9	16
	Htr (W/°C)	271,9	277,5
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,54	0,54
	Hve,i (W/°C)	63,0	63,0
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	70,0	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	2338	2338
	Qsol,i (kWh/ano)	4615	624
	Qg,i (kWh/ano)	6953	2963
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	1545	-
	Qsol,v (kWh/ano)		-
		2897	
	Qg,v (kWh/ano)	4442	7103
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	8381	8997
	Qve,i (kWh/ano)	1836	1836
	ηi	0,93	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	6443	1778
	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	28,61	69
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	3264	-
	Qve,v (kWh/ano)	840	-
	ηv	0,77	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	4442	7103
	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	7,59	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	32,15	77,14
	Arrefecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	6,33	7,61
	feh	0,90	1,00
	Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	20,28	22,53
	AQS (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	21,26	25,31
	Vent. Mecânica (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	1627	0
	Renovável (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	12,34	0
	Global (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	<b>47,40</b>	<b>110,06</b>

**CLASSE ENERGÉTICA**      **Ntc/Nt**      **0,43**      **A**

# Anexo G

Folhas de Cálculo do REH para o

Caso 4

Folha de Cálculo A				
A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR				
PAREDES EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	Oeste	22,95	0,4	9,18
	Este	24,14	0,4	9,66
	Sul	73,84	0,4	29,54
		-	-	-
		-	-	-
			TOTAL	48,37
PAVIMENTO EM CONTATO COM O EXTERIOR		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
		-	-	-
		-	-	-
			TOTAL	0,00
COBERTURA EM COTATO COM O EXTERIOR		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	Cobertura	85,8	0,35	30,03
		-	-	-
		-	-	-
			TOTAL	30,03
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	Quarto 1	2,30	2,80	6,44
	Quarto 2	2,30	2,80	6,44
	Quarto 3	2,30	2,80	6,44
	Quarto 4	2,31	2,80	6,47
	WC	0,60	2,80	1,68
	Cozinha	1,15	2,80	3,22
	Cozinha	2,52	2,80	7,06
	Sala	2,31	2,80	6,47
	Sala	7,35	2,80	20,58
	Sala (Novo envidraçado)	1,00	2,80	2,80
	Sala (Envidraçado extra)	1,20	2,80	3,36
	Quarto (Novo envidraçado)	0,60	2,80	1,68
	Quarto (Novo envidraçado)	0,60	2,80	1,68
		-	-	-
			TOTAL	74,31

VÃOS OPACOS EXTERIORES	Área A	U	U.A
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
Porta de entrada	1,89	0,80	1,51
	-	-	-
	-	-	-
		TOTAL	1,51
PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B	Ψ	Ψ.B
	m	W/m.°C	W/°C
Fach. com pavimentos térreos	17,80	0,50	8,90
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	12,30	0,50	6,15
Fachada com cobertura	24,30	0,50	12,15
Fachada com pavimento intermédio	47,30	0,50	23,65
Duas paredes verticais em ângulo saliente	20,00	0,40	8,00
Fachada com caixilharia	76,20	0,20	15,24
Zona da caixa de estores	19,60	0,20	3,92
	-	-	-
	-	-	-
		TOTAL	78,01
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H <sub>ext</sub>		232,24	W/°C

A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR				
PAREDES EM CONTATO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub>
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
	-	-	-	-
Garagem	29,04	0,40	0,80	9,29
Lavandaria	11,70	0,40	0,80	3,74
Porta da Garagem / Casa	1,89	0,80	0,80	1,21
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	14,25
PAREDES EM CONTATO COM EDIFÍCIO ADJACENTE	Área A	U	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub>
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
Parede	64,74	0,40	0,60	15,54
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	15,54
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub>
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
R/C com Cave	85,80	0,35	0,80	24,02
1ºAndar com Lavandaria	4,30	0,35	0,80	1,20
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	25,23

COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS-NÃO ÚTEIS)	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
VÃO EM CONTATO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM $b_{tr} > 0,7$ )	Comp. B	$\psi$	$b_{tr}$	$\psi$ .B. $b_{tr}$
	m	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00

			55,01	W/°C

A.1 - ELEMENTOS EM CONTATO COM O SOLO			
PAREDES ENTERRADAS	Área	$U_{bw}$	A. $U_{bw}$
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
Acesso / Entrada	20,40	0,26	5,36
	-	-	-
	-	-	-
			TOTAL
			5,36

PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z&gt;0).</i>	Área	$U_{bf}$	A. $U_{bw}$
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
Acesso / Entrada	11,00	0,31	3,37
	-	-	-
	-	-	-
			TOTAL
			3,37



<b>TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA</b>				
<b>A.6 - ENVOLVENTE EXTERIOR</b>				
<b>PAREDES EXTERIORES</b>		<b>Área A</b>	<b>U</b>	<b>U.A</b>
		<b>m<sup>2</sup></b>	<b>W/m<sup>2</sup>.°C</b>	<b>W/°C</b>
correção quando a área de envidraçados excede 20% da área útil				
	Oeste	22,95	0,40	9,18
	Este	24,14	0,40	9,66
	Sul	73,84	0,40	29,54
		-	-	-
		-	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>48,44</b>
<b>PAVIMENTO EM CONTATO COM O EXTERIOR</b>		<b>Área A</b>	<b>U</b>	<b>U.A</b>
		<b>m<sup>2</sup></b>	<b>W/m<sup>2</sup>.°C</b>	<b>W/°C</b>
		-	-	-
		-	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>0,00</b>
<b>COBERTURA EM COTATO COM O EXTERIOR</b>		<b>Área A</b>	<b>U</b>	<b>U.A</b>
		<b>m<sup>2</sup></b>	<b>W/m<sup>2</sup>.°C</b>	<b>W/°C</b>
Cobertura		85,80	0,35	30,03
		-	-	-
		-	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>30,03</b>
<b>VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES</b>		<b>Área A</b>	<b>U</b>	<b>U.A</b>
		<b>m<sup>2</sup></b>	<b>W/m<sup>2</sup>.°C</b>	<b>W/°C</b>
	Quarto 1	2,29	2,80	6,41
	Quarto 2	2,29	2,80	6,41
	Quarto 3	2,29	2,80	6,41
	Quarto 4	2,30	2,80	6,44
	WC	0,60	2,80	1,68
	Cozinha	1,14	2,80	3,19
	Cozinha	2,50	2,80	7,00
	Sala	2,30	2,80	6,44
	Sala	7,31	2,80	20,47
	Sala (Novo envidraçado)	0,99	2,80	2,77
	Sala (Envidraçado extra)	1,19	2,80	3,33
	Quarto (Novo envidraçado)	0,60	2,80	1,68
	Quarto (Novo envidraçado)	0,60	2,80	1,68
		-	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>73,86</b>



VÃOS OPACOS EXTERIORES		Área A	U	U.A
		m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
Porta de entrada		1,89	0,40	0,76
		-	-	-
		-	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>0,76</b>
PONTES TÉRMICAS LINEARES		Comp. B	Ψ	Ψ.B
		m	W/m.°C	W/°C
Fach. com pavimentos térreos		17,80	0,50	8,90
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU		12,30	0,50	6,15
Fachada com cobertura		24,30	0,50	12,15
Fachada com pavimento intermédio		47,30	0,50	23,65
Duas paredes verticais em ângulo saliente		20,00	0,40	8,00
Fachada com caixilharia		76,20	0,20	15,24
Zona da caixa de estores		19,60	0,20	3,92
		-	-	-
		-	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>78,01</b>
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H <sub>ext</sub>			<b>231,10</b>	W/°C

A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR					
PAREDES EM CONTATO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS		Área A	U	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub>
		m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
		-	-	-	-
Garagem		29,04	0,40	0,80	9,29
Lavandaria		11,70	0,40	0,80	3,74
Porta da Garagem / Casa		1,89	0,40	0,80	0,60
		-	-	-	-
		-	-	-	-
				<b>TOTAL</b>	<b>13,64</b>
PAREDES EM CONTATO COM EDIFÍCIO ADJACENTE		Área A	U	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub>
		m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
Parede		64,74	0,80	0,60	31,08
		-	-	-	-
		-	-	-	-
				<b>TOTAL</b>	<b>31,08</b>
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS		Área A	U	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub>
		m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
R/C com Cave		85,80	0,35	0,80	24,02
1ºAndar com Lavandaria		4,30	0,35	0,80	1,20
		-	-	-	-
		-	-	-	-
				<b>TOTAL</b>	<b>25,23</b>

COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS-NÃO ÚTEIS)	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
VÃO EM CONTATO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM $b_{tr} > 0,7$ )	Comp. B	$\psi$	$b_{tr}$	$\psi$ .B. $b_{tr}$
	m	W/m.°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00





**Folha de Cálculo B**

**TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO**

**B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO**

	1	
	-	
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,i}$	0,00	
	x	
Caudal médio diário insuflado $V_{ins}$	0,00	m <sup>3</sup> /h
	/	
$R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d$	185,19	m <sup>3</sup> /h
	=	
fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{ve,e}$	1,00	
	x	
	0,34	
	x	
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,i}$	0,54	h <sup>-1</sup>
	x	
Área útil de pavimento $A_p$	131,90	m <sup>2</sup>
	x	
Pé direito médio da fração $P_d$	2,60	m
	=	
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,i}$	62,96	W/°C

**B.2 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO**

	1	
	-	
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,v}$	0,00	
	x	
Caudal médio diário insuflado $V_{ins}$	0,00	m <sup>3</sup> /h
	/	
$R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d$	205,76	m <sup>3</sup> /h
	=	
fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{ve,e}$	1,00	
	x	
	0,34	
	x	
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,v}$	0,60	h <sup>-1</sup>
	x	
Área útil de pavimento $A_p$	131,90	m <sup>2</sup>
	x	
Pé direito médio da fração $P_d$	2,60	m
	=	
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,v}$	69,96	W/°C

## TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

### B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

	0,34			
	x			
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,1,REF}$	0,54	$h^{-1}$		
	x			
Área útil de pavimento $A_p$	131,90	$m^2$		
	x			
Pé direito médio da fração $P_d$	2,60	m		
	=			
Coeficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,1,REF}$	62,96	$W/^\circ C$		

Folha de Cálculo C								
GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO								
C.1- GANHOS INTERNOS								
						0,72		
						x		
				Ganhos internos médios $q_{int}$		4	W/m <sup>2</sup>	
						x		
				Duração da estação de aquecimento M		6,16	meses	
						x		
				Área útil de pavimento $A_p$		131,9	m <sup>2</sup>	
						=		
				Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$		2338,49	kWh/ano	
C.2- GANHOS SOLARES								
Designação do envidraçado	Orientação	Fator Solar Inverno $g_i$	Area $A_w$	Fator de Obstrução $F_{s,i}=F_{h,i}.F_{o,i}.F_{f,i}$	Fração Envidraçada $F_g$	Área efetiva coletora $A_{s,i}=A_w.F_{s,i}.F_g.g_i$	Fator de Orientação X	Área Efetiva coletora a Sul $X.A_{s,i}$
		m <sup>2</sup>				m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>
Quarto 1	Oeste	0,68	2,30	0,88	0,70	0,96	0,56	0,54
Quarto 2	Oeste	0,68	2,30	0,88	0,70	0,96	0,56	0,54
Quarto 3	Este	0,68	2,30	0,90	0,70	0,98	0,56	0,55
Quarto 4	Este	0,68	2,31	0,90	0,70	0,98	0,56	0,55
WC	Sul	0,68	0,60	0,90	0,70	0,26	1,00	0,26
Cozinha	Oeste	0,68	1,15	0,63	0,70	0,34	0,56	0,19
Cozinha	Oeste	0,68	2,52	0,63	0,70	0,75	0,56	0,42
Sala	Este	0,68	2,31	0,90	0,70	0,98	0,56	0,55
Sala	Este	0,68	7,35	0,90	0,70	3,13	0,56	1,75
Sala (Novo)	Sul	0,68	1,00	0,90	0,70	0,43	1,00	0,43
Sala (extra)	Sul	0,68	1,20	0,90	0,70	0,51	1,00	0,51
Quarto (Novo)	Sul	0,68	0,60	0,90	0,70	0,26	1,00	0,26
Quarto (Novo)	Sul	0,68	0,60	0,90	0,70	0,26	1,00	0,26
Em nenhum caso o produto $X_j.F_h.F_o.F_f$ deve ser menor que 0,27; Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto $F_o.F_f$ deve ser inferior ou igual a 0,9 exceto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede							TOTAL	6,79
Designação do envidraçado	Orientação	Fator Solar Inverno $g_i$	Area $A_w$	Fator de Obstrução $F_{s,i}=F_{h,i}.F_{o,i}.F_{f,i}$	Fração Envidraçada $F_g$	Área efetiva coletora $A_{s,i}=A_w.F_{s,i}.F_g.g_i$	Fator de Orientação X	Área Efetiva coletora a Sul $X.A_{s,i}$
		m <sup>2</sup>				m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
No calculo de $g_{i,int}$ e $g_{i,ENU}$ não deverão ser considerados os dispositivos solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, $g_i$ será igual ao fator solar do vidro para uma incidencia solar normal $g_{Tvi}$ , afetado do fator de seletividade angular $F_{w,i}$							TOTAL	0,00
Área efectiva total equivalente na orientação a Sul						6,79	m <sup>2</sup>	
						x		
Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul $G_{sul}$						130	kWh/m <sup>2</sup> .mês	
						x		
Duração da estação de aquecimento						6,16	meses	
						=		
Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$						5431,31	kWh/ano	

C.3- GANHOS TÉRMICOS BRUTOS		
Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$	2338,49	kWh/ano
	+	
Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$	5431,31	kWh/ano
	=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	7769,8	kWh/ano
C.4- GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA		
Radiação média incidente num encidraçado vertical a Sul $G_{sul}$	130,00	kWh/m <sup>2</sup> .mês
	x	
	0,182	
	x	
	0,20	
	x	
Área útil de pavimento $A_p$	131,90	m <sup>2</sup>
	=	
Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$	624,36	kWh/ano
	+	
Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$	2414,20	kWh/ano
	=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	2962,64	kWh/ano



Folha de Cálculo D											
D.1 - GANHOS INTERNOS											
						Ganhos internos médios $q_{int}$	4	W/m <sup>2</sup>			
							x				
						Duração da estação de arrefecimento $L_v$	2928	horas			
							x				
						Área útil de pavimento $A_p$	131,90	m <sup>2</sup>			
							÷				
							1000				
							=				
						Ganhos internos brutos $Q_{int,v}$	1544,81	kWh/ano			

D.2 - GANHOS SOLARES

VÃOS ENVIDRAÇADOS

Designação do Envidraçado	Orientação	Área	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada $F_g$	Factor Sel. angular $F_{w,v}$	Fracção Tempo Prot. Móveis activas $F_{m,v}$	FS Global Prot. Moveis e Perm. $g_T$	FS Global Prot. Perm. $g_{Tp}$	FS de Verão $g_v = F_{m,v} \cdot g_T + (1 - F_{m,v}) \cdot g_{Tp}$	Área Efectiva	Factor de Obstrução $F_{s,v} = F_{h,v} \cdot F_{o,v} \cdot F_{f,v}$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_{s,v} \cdot A_s$
		$A_{s,v} = A_w \cdot F_g \cdot g_v$								$m^2$		$kWh/m^2 \cdot ano$	
Quarto 1	Oeste	2,3	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,45	0,90	490,00	198,09
Quarto 2	Oeste	2,3	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,45	0,90	490,00	198,09
Quarto 3	Este	2,3	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,45	0,90	490,00	198,09
Quarto 4	Este	2,31	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,45	0,90	490,00	198,95
WC	Sul	0,6	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,56	0,25	0,10	0,90	425,00	40,00
Cozinha	Oeste	1,15	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,22	0,90	490,00	99,05
Cozinha	Oeste	2,52	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,49	0,90	490,00	217,04
Sala	Este	2,31	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,45	0,90	490,00	198,95
Sala	Este	7,35	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	1,44	0,90	490,00	633,04
Sala (N)	Sul	1,00	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,56	0,25	0,17	0,90	425,00	66,67
Sala (E)	Sul	1,20	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,56	0,25	0,21	0,90	425,00	80,00
Quarto (N)	Sul	0,60	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,56	0,25	0,10	0,90	425,00	40,00
Quarto (N)	Sul	0,60	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,56	0,25	0,10	0,90	425,00	40,00
												TOTAL	2207,99

Designação do Envidraçado	Orientação	Área	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada $F_g$	Factor Sel. angular $F_{w,v}$	Fracção Tempo Prot. Móveis activas $F_{m,v}$	FS de Verão do vão interior	FS de Verão do vão do ENU	$g_{v,int} \cdot g_{v,ENU}$	Área Efectiva	Factor de Obstrução $F_{s,v} = F_{h,v} \cdot F_{o,v} \cdot F_{f,v}$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_{s,v} \cdot A_s$
		$g_{v,int}$					$g_{v,ENU}$	$A_{s,v} = A_w \cdot F_g \cdot g_{v,int} \cdot g_{v,ENU}$		$m^2$			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que <b>na ausência de outros sombreamentos o factor de obstrução dos vãos</b></i>												TOTAL	0,00
ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA													
PAREDE EXTERIOR			Orientação	Coeficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$	Factor de Obstrução $F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$		
												$m^2$	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
	Oeste	Oeste	0,40	22,95	0,40	0,04	0,15	1,00	490,00	71,97			
	Este	Este	0,40	24,14	0,40		0,15	1,00	490,00	75,70			
	Sul	Sul	0,40	73,84	0,40		0,47	1,00	425,00	200,84			
											TOTAL	348,52	
COBERTURA EXTERIOR			Orientação	Coeficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$	Factor de Obstrução $F_s$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$		
												$m^2$	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
	Cobertura	Horizontal	0,50	85,80	0,35	0,04	0,60	1,00	800,00	480,48			
											TOTAL	480,48	

COBERTURA INTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op}$	Factor de Obstrução $F_s$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$
			m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	(m <sup>2</sup> .°C)/W	m <sup>2</sup>		kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh/ano
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	800,00	-
								TOTAL	0,00
VÃOS OPACOS EXTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op}$	Factor de Obstrução $F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$
			m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	(m <sup>2</sup> .°C)/W	m <sup>2</sup>		kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh/ano
Porta de entrada	Este	0,50	1,89	0,80	0,04	0,03	0,90	490,00	13,34
								TOTAL	13,34
Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada				2207,99	kWh/ano				
				+					
Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca				842,33	kWh/ano				
				=					
Ganhos Solares brutos $Q_{sol,y}$				3050,32	kWh/ano				

### D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos $Q_{int,v}$	1544,81	kWh/ano
	+	
Ganhos solares brutos $Q_{sol,v}$	3050,32	kWh/ano
	=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	4595,14	kWh/ano

### D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Ganhos internos médios $q_{int}$	4	$W/m^2$
	x	
Duração da Estação de Arrefecimento $L_v$	2928	horas
	÷	
	1000	
	+	
factor solar de verão de referência $g_{v,REF}$	0,43	
	x	
$A_w/A_{p,REF}$	0,2	
	x	
Radiação solar média de referência $I_{sol,REF}$	490	$kWh/m^2 \cdot ano$
	=	
	53,85	$kWh/m^2 \cdot ano$
	x	
Área útil de Pavimento $A_p$	131,9	$m^2$
	=	
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v,REF}$	7103,08	kWh/ano

## Folha de Cálculo E

### NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

#### E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Coeficiente de transferencia de calor por transmissão $H_{tr}$	295,97	W/°C
	+	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i}$	62,96	W/°C
	=	
Coeficiente de transferrência de calor $H_{t,i}$	358,94	W/°C

#### E.2 - TRASNFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1215	°C . dias
	x	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	295,97	W/°C
	=	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	8629,19	kWh/ano

#### E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1215	°C . dias
	x	
Coeficiente de tranferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i}$	62,96	W/°C
	=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	1835,72	kWh/ano

#### E.4 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

Inércia do edifício	Forte	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	7769,8	kWh/ano
	/	
Trasnferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,i} + Q_{ve,i}$	10464,91	kWh/ano
	=	
Parametro $\gamma_i$	0,74	
Parametro $a_i$	4,20	W/°C
Fator de utilização dos ganhos $\eta_i$	0,91	
	x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	7769,8	kWh/ano
	=	
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i}$	7042,24	kWh/ano

**E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO**

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	8629,19	kWh/ano
	+	
Trasferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	1835,72	kWh/ano
	-	
Ganhos de calor útis na estação de aquecimento $Q_{gu,i}$	7042,24	kWh/ano
	=	
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	3422,68	kWh/ano
	/	
Área útil de pavimento	131,9	kWh/ano
	=	
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $Nic$	29,84	kWh/m <sup>2</sup> .ano

## LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

### E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

Coeficiente de transferencia de calor por transmissão $H_{tr,REF}$	316,74	W/°C
	+	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i,REF}$	62,96	W/°C
	=	
Coeficiente de transferência de calor $H_{t,i,REF}$	379,7	W/°C

### E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1215	°C . dias
	x	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,REF}$	316,74	W/°C
	=	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i,REF}$	9234,64	kWh/ano

### E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1215	°C . dias
	x	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i}$	62,96	W/°C
	=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	1835,72	kWh/ano

### E.9 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Fator de utilização dos ganhos $\eta_{i,REF}$	0,6	
	x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i,REF}$	2962,64	kWh/ano
	=	
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i,REF}$	1777,59	kWh/ano



E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO			
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,iREF}$	9234,64	kWh/ano	
	+		
Trasferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,iREF}$	1835,72	kWh/ano	
	-		
Ganhos de calor útis na estação de aquecimento $Q_{gu,iREF}$	1777,59	kWh/ano	
	=		
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	9292,78	kWh/ano	
	/		
Área útil de pavimento $A_p$	131,9	kWh/ano	
	=		
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_i$	70,45	kWh/m <sup>2</sup> .ano	

<b>Folha de Cálculo F</b>			
<b>NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO</b>			
<b>F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR</b>			
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	280,44	W/°C	
	+		
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,v}$	69,96	W/°C	
	=		
Coeficiente de transferência de calor $H_{t,v}$	350,4	W/°C	
<b>F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO</b>			
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	280,44	W/°C	
	x		
$(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext})$	4	°C	
	x		
Duração da estação de arrefecimento $L_v$	2928	horas	
	/		
	1000		
	=		
Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento $Q_{tr,v}$	3366,59	kWh/ano	
<b>F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR</b>			
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,v}$	69,96	W/°C	
	x		
$(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext})$	4	°C	
	x		
Duração da estação de arrefecimento $L_v$	2928	horas	
	/		
	1000		
	=		
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	839,85	kWh/ano	
<b>F.4 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS</b>			
Inércia do edifício	Forte		
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	4595,14	kWh/ano	
	/		
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,v} + Q_{ve,v}$	4206,44	kWh/ano	
	=		
Parametro $\gamma_v$	1,09		
Parametro $a_v$	4,20	W/°C	
Fator de utilização dos ganhos $\eta_v$	0,77		



Folha de Cálculo G								
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA								
G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO								
SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_i \cdot A_p$	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano				kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Caldeira a Gás	Gás Natural		1,00		0,89	1	3845,70	29,16
Sistema por defeito	Electricidade	25,95	0,00	1	1	2,5	0,00	0,00
						TOTAL	3845,70	29,16
G2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO								
SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{puv}$	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v \cdot A_p$	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{puv} / \eta_v$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano				kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema de Referência	Electricidade		1,00		3,00	2,5	351,65	6,67
Sistema por defeito	Electricidade	8,00	0,00	1	3	2,5	0,00	0,00
						TOTAL	351,65	6,18

**G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS**

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS								
CONSUMO DE AQS				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS				
			40				consumo médio diário de referência $M_{AQS}$	180 l
			x					x
	nº convencional de ocupantes de cada fracção n		5 ocupantes					4187
			x					x
	factor de eficiência hídrica		0,9				aumento de temperatura $\Delta T$	35 °C
			=					x
	consumo médio diário de referência $MAQS$		180 l				nº de dias de consumo	365 dias
								÷
								3600000
								÷
							$A_p$	131,9 m <sup>2</sup>
								=
							Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_a/A_p$	20,28 kWh/m <sup>2</sup> .ano
SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_a/A_p$	fa	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pua}$	Necessidades de Energia Final $f \cdot \delta \cdot Q_a / \eta_a$	Necessidades de Energia primária $f \cdot \delta \cdot Q_a / A_p \cdot F_{pua} / \eta_a$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano				kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Caldeira a Gás	Gás Natural	20,28	0,39	1	0,89	1	1176,91	8,92
Painel Solar Térmico	Renovável Térmica		0,61		1,00	1	1627,00	12,34
Sistema por defeito	Gás Natural		0,00		0,89	1	0,00	0,00
						TOTAL	2803,91	21,26

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA							
Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica $W_{vm}$						0	kWh/ano
						÷	
Área útil de Pavimento $A_p$						131,9	m <sup>2</sup>
						x	
Factor de Conversão $F_{pu}$						2,5	kWh <sub>EP</sub> /kWh
						=	
Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação						0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL				
SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{ren}/A_p$	Factor de Conversão $F_{pu}$	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pu}$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Painél Solar Térmico	Renovável térmica	12,34	1	12,34
TOTAL				12,34

G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA						
				Energia primária para aquecimento	29,16	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					+	
				Energia primária para arrefecimento	6,67	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					+	
				Energia primária para a preparação de AQS	21,26	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					+	
				Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica	0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					-	
				Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável	12,34	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					=	
				Necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>tc</sub>	44,75	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

<b>LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA</b>						
<b>G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA</b>						
<i>SISTEMA PARA AQUECIMENTO</i>	<i>Fonte de Energia</i>	<i>Limite das Necessidades de Energia Útil <math>N_i</math></i> <i>kWh/m<sup>2</sup>.ano</i>	<i><math>f_i</math></i>	<i>Eficiência Nominal de Referência <math>\eta_{i REF}</math></i>	<i>Factor de Conversão <math>F_{pui}</math></i> <i>kWh<sub>EP</sub>/kWh</i>	<i>Limite das Necessidades de Energia Primária <math>f \cdot N_i \cdot F_{pui} / \eta_i</math></i> <i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>
<i>Caldeira a Gás</i>	<i>Gás Natural</i>	70,45	1,00	0,89	1	79,16
<i>Sistema por defeito</i>	<i>Electricidade</i>		0,00	1	2,5	0,00
<b>TOTAL</b>						<b>79,16</b>
-						
<b>G. 8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA</b>						
<i>SISTEMA PARA ARREFECIMENTO</i>	<i>Fonte de Energia</i>	<i>Limite das Necessidades de Energia Útil <math>N_v</math></i> <i>kWh/m<sup>2</sup>.ano</i>	<i><math>f_v</math></i>	<i>Eficiência Nominal de Referência <math>\eta_{v REF}</math></i>	<i>Factor de Conversão <math>F_{puv}</math></i> <i>kWh<sub>EP</sub>/kWh</i>	<i>Limite das Necessidades de Energia Primária <math>f_a \cdot N_v \cdot F_{puv} / \eta_v</math></i> <i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>
<i>Sistema de referência</i>	<i>Electricidade</i>	9,13	1,00	3	2,5	7,61
<i>Sistema por defeito</i>	<i>Electricidade</i>		0,00	0	2,5	0,00
<b>TOTAL</b>						<b>7,61</b>



**G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA**

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA								
CONSUMO DE AQS				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS				
			40			consumo médio diário de referência $M_{AQS}$	200	l
			x				x	
	nº convencional de ocupantes de cada fracção n		5	ocupantes			4187	
			x				x	
	factor de eficiência hídrica		1			aumento de temperatura $\Delta T$	35	°C
			=				x	
	consumo médio diário de referência MAQS		200	l		nº de dias de consumo	365	dias
							÷	
							3600000	
							÷	
							$A_p$	131,9 m <sup>2</sup>
							=	
						Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_a/A_p$	22,53	kWh/m <sup>2</sup> .ano

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_a/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a REF}$	Factor de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia primária $f \cdot \delta \cdot Q_a/A_p \cdot F_{pua}/\eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Caldeira a Gás	Gás Natural	22,53	1,00	0,89	1	25,31
Sistema por defeito	Gás Natural		0,00	0,89	1	0,00
<b>TOTAL</b>						<b>25,31</b>

<b>G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA</b>						
				<i>Energia primária para aquecimento</i>	79,16	<i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>
					+	
				<i>Energia primária para arrefecimento</i>	7,61	<i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>
					+	
				<i>Energia primária para a preparação de AQS</i>	25,31	<i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>
					=	
				<i>Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N<sub>t</sub></i>	112,08	<i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>

**Síntese**

	Ap (m <sup>2</sup> )	131,9	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m <sup>2</sup> )	26,54	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Forte	
		<b>Cálculo</b>	<b>Referência</b>
	Aenv/Ap	20%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	232,2	231,1
	Hint (W/°C)	55,0	69,9
	Hecc (W/°C)	9	16
	Htr (W/°C)	280,4	285,7
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,54	0,54
	Hve,i (W/°C)	63,0	63,0
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	70,0	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	2338	2338
	Qsol,i (kWh/ano)	5431	624
	Qg,i (kWh/ano)	7770	2963
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	1545	-
	Qsol,v (kWh/ano)	3050	-
	Qg,v (kWh/ano)	4595	7103
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	8629	9235
	Qve,i (kWh/ano)	1836	1836
	ηi	0,91	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	7042	1778
	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	25,95	70
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	3367	-
	Qve,v (kWh/ano)	840	-
	ηv	0,77	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	4595	7103
	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	8,00	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	29,16	79,16
	Arrefecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	6,67	7,61
	feh	0,90	1,00
	Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	20,28	22,53
	AQS (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	21,26	25,31
	Vent. Mecânica (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	1627	0
	Renovável (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	12,34	0
	Global (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	<b>44,74</b>	<b>112,08</b>
	<b>CLASSE ENERGÉTICA</b>	<b>Ntc/Nt</b>	<b>0,40</b>

# Anexo H

Folhas de Cálculo do REH para o

Caso 5

Folha de Cálculo A				
A.1 - ENVOLVENTE EXTERIOR				
PAREDES EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	Oeste	22,95	0,4	9,18
	Este	24,14	0,4	9,66
	Sul	70,04	0,4	28,02
		-	-	-
		-	-	-
			TOTAL	46,85
PAVIMENTO EM CONTATO COM O EXTERIOR		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
		-	-	-
		-	-	-
			TOTAL	0,00
COBERTURA EM COTATO COM O EXTERIOR		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	Cobertura	85,8	0,35	30,03
		-	-	-
		-	-	-
			TOTAL	30,03
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	Quarto 1	2,30	2,80	6,44
	Quarto 2	2,30	2,80	6,44
	Quarto 3	2,30	2,80	6,44
	Quarto 4	2,31	2,80	6,47
	WC	0,60	2,80	1,68
	Cozinha	1,15	2,80	3,22
	Cozinha	2,52	2,80	7,06
	Sala	2,31	2,80	6,47
	Sala	7,35	2,80	20,58
	Sala (Max)	6,00	2,80	16,80
	Quarto (Novo)	0,60	2,80	1,68
	Quarto (Novo)	0,60	2,80	1,68
			TOTAL	84,95
VÃOS OPACOS EXTERIORES		Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> .°C	U.A W/°C
	Porta de entrada	1,89	0,80	1,51
		-	-	-
		-	-	-
			TOTAL	1,51

PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B	$\Psi$	$\Psi \cdot B$
	m	W/m. $^{\circ}$ C	W/ $^{\circ}$ C
Fach. com pavimentos térreos	17,80	0,50	8,90
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	12,30	0,50	6,15
Fachada com cobertura	24,30	0,50	12,15
Fachada com pavimento intermédio	47,30	0,50	23,65
Duas paredes verticais em ângulo saliente	20,00	0,40	8,00
Fachada com caixilharia	77,00	0,20	15,40
Zona da caixa de estores	21,60	0,20	4,32
	-	-	-
	-	-	-
		TOTAL	78,57
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior $H_{ext}$		241,92	W/ $^{\circ}$ C

A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR				
PAREDES EM CONTATO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	$b_{tr}$	$U \cdot A \cdot b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
Garagem	29,04	0,40	0,80	9,29
Lavandaria	11,70	0,40	0,80	3,74
Porta da Garagem / Casa	1,89	0,80	0,80	1,21
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	14,25
PAREDES EM CONTATO COM EDIFÍCIO ADJACENTE	Área A	U	$b_{tr}$	$U \cdot A \cdot b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
Parede	64,74	0,40	0,60	15,54
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	15,54
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	$b_{tr}$	$U \cdot A \cdot b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
R/C com Cave	85,80	0,35	0,80	24,02
1 $^{\circ}$ Andar com Lavandaria	4,30	0,35	0,80	1,20
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	25,23
COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS-NÃO ÚTEIS)	Área A	U	$b_{tr}$	$U \cdot A \cdot b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00

VÃO EM CONTATO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub>
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A	U	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub>
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b <sub>tr</sub> > 0,7)	Comp. B	ψ	b <sub>tr</sub>	ψ.B.b <sub>tr</sub>
	m	W/m.°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H <sub>int</sub>			55,01	W/°C
<b>A.1 - ELEMENTOS EM CONTATO COM O SOLO</b>				
PAREDES ENTERRADAS	Área	U <sub>bw</sub>	A.U <sub>bw</sub>	
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C	
Acesso / Entrada	20,40	0,26	5,36	
	-	-	-	
	-	-	-	
			TOTAL	5,36
PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z&gt;0).</i>	Área	U <sub>bf</sub>	A.U <sub>bw</sub>	
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C	
Acesso / Entrada	11,00	0,31	3,37	
	-	-	-	
	-	-	-	
			TOTAL	3,37
PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z ≤ 0) com ou sem isolamentos térmico perimetral.</i>	Área	U <sub>bf</sub>	A.U <sub>bw</sub>	
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C	
	-	-	-	
	-	-	-	
			TOTAL	0,00
Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H <sub>ecs</sub>			8,73	W/°C

<b>A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO</b>			
	Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext}$	241,92	W/°C
		+	
	Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu} + H_{adj}$	55,01	W/°C
		+	
	Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecs}$	8,73	W/°C
		=	
	Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	305,65	W/°C
<b>A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO</b>			
	Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext}$	241,92	W/°C
		+	
	Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu}$	39,47	W/°C
		+	
	Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecs}$	8,73	W/°C
		=	
	Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	290,12	W/°C



<b>TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA</b>			
<b>A.6 - ENVOLVENTE EXTERIOR</b>			
PAREDES EXTERIORES	Área A	U	U.A
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
correção quando a área de envidraçados excede 20% da área útil			
Oeste	22,95	0,40	9,18
Este	24,14	0,40	9,66
Sul	70,04	0,40	28,02
	-	-	-
	-	-	-
			<b>TOTAL</b>
			<b>48,44</b>
PAVIMENTO EM CONTATO COM O EXTERIOR	Área A	U	U.A
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
	-	-	-
	-	-	-
			<b>TOTAL</b>
			<b>0,00</b>
COBERTURA EM COTATO COM O EXTERIOR	Área A	U	U.A
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
Cobertura	85,80	0,35	30,03
	-	-	-
	-	-	-
			<b>TOTAL</b>
			<b>30,03</b>
VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A	U	U.A
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
Quarto 1	2,00	2,80	5,60
Quarto 2	2,00	2,80	5,60
Quarto 3	2,00	2,80	5,60
Quarto 4	2,01	2,80	5,63
WC	0,52	2,80	1,46
Cozinha	1,00	2,80	2,80
Cozinha	2,19	2,80	6,13
Sala	2,01	2,80	5,63
Sala	6,39	2,80	17,89
Sala (max)	5,22	2,80	14,62
Quarto (Novo)	0,52	2,80	1,46
Quarto(Novo)	0,52	2,80	1,46
			<b>TOTAL</b>
			<b>73,86</b>
VÃOS OPACOS EXTERIORES	Área A	U	U.A
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C
Porta de entrada	1,89	0,40	0,76
	-	-	-
	-	-	-
			<b>TOTAL</b>
			<b>0,76</b>

PONTES TÉRMICAS LINEARES	Comp. B	$\Psi$	$\Psi \cdot B$
	m	W/m. $^{\circ}$ C	W/ $^{\circ}$ C
Fach. com pavimentos térreos	17,80	0,50	8,90
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	12,30	0,50	6,15
Fachada com cobertura	24,30	0,50	12,15
Fachada com pavimento intermédio	47,30	0,50	23,65
Duas paredes verticais em ângulo saliente	20,00	0,40	8,00
Fachada com caixilharia	77,00	0,20	15,40
Zona da caixa de estores	21,60	0,20	4,32
	-	-	-
	-	-	-
		<b>TOTAL</b>	<b>78,57</b>
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior $H_{ext}$		<b>231,66</b>	W/ $^{\circ}$ C

A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR				
PAREDES EM CONTATO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
Garagem	29,04	0,40	0,80	9,29
Lavandaria	11,70	0,40	0,80	3,74
Porta da Garagem / Casa	1,89	0,40	0,80	0,60
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>13,64</b>
PAREDES EM CONTATO COM EDIFÍCIO ADJACENTE	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
Parede	64,74	0,80	0,60	31,08
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>31,08</b>
PAVIMENTOS SOBRE ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
R/C com Cave	85,80	0,35	0,80	24,02
1 $^{\circ}$ Andar com Lavandaria	4,30	0,35	0,80	1,20
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>25,23</b>
COBERTURAS INTERIORES (SOB ESPAÇOS-NÃO ÚTEIS)	Área A	U	$b_{tr}$	U.A. $b_{tr}$
	m $^2$	W/m $^2$ . $^{\circ}$ C		W/ $^{\circ}$ C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>0,00</b>

VÃO EM CONTATO COM ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS	Área A	U	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub>
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
VÃOS EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Área A	U	b <sub>tr</sub>	U.A.b <sub>tr</sub>
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
PONTES TÉRMICAS LINEARES (APENAS PARA PAREDES DE SEPARAÇÃO PARA ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS COM b <sub>tr</sub> > 0,7)	Comp. B	ψ	b <sub>tr</sub>	ψ.B.b <sub>tr</sub>
	m	W/m.°C		W/°C
	-	-	-	-
	-	-	-	-
			TOTAL	0,00
Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H <sub>int</sub>				69,94 W/°C
<b>A.1 - ELEMENTOS EM CONTATO COM O SOLO</b>				
PAREDES ENTERRADAS	Área	U <sub>bw</sub>	A.U <sub>bw</sub>	
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C	
Acesso / Entrada	5,36	0,50	10,20	
	-	-	-	
	-	-	-	
			TOTAL	10,20
PAVIMENTOS ENTERRADOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo que estão enterrados (profundidade z&gt;0).</i>	Área	U <sub>bf</sub>	A.U <sub>bw</sub>	
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C	
Acesso / Entrada	11,00	0,50	5,50	
	-	-	-	
	-	-	-	
			TOTAL	5,50
PAVIMENTOS TÉRREOS <i>Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z ≤ 0) com ou sem isolamentos térmico perimetral.</i>	Área	U <sub>bf</sub>	A.U <sub>bw</sub>	
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	W/°C	
	-	-	-	
	-	-	-	
			TOTAL	0,00
Coeficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H <sub>ecs</sub>				15,70 W/°C

A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO			
	<i>Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior</i> $H_{ext REF}$	231,66	W/°C
		+	
	<i>Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior</i> $H_{enu REF} + H_{adj REF}$	69,94	W/°C
		+	
	<i>Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo</i> $H_{ecs REF}$	15,70	W/°C
		=	
	<i>Coeficiente de transferência de calor por transmissão</i> $H_{tr REF}$	317,30	W/°C
A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO			
	<i>Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior</i> $H_{ext REF}$	231,66	W/°C
		+	
	<i>Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior</i> $H_{enu REF}$	38,87	W/°C
		+	
	<i>Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo</i> $H_{ecs REF}$	15,70	W/°C
		=	
	<i>Coeficiente de transferência de calor por transmissão</i> $H_{tr REF}$	286,23	W/°C

**Folha de Cálculo B**

**TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO**

**B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO**

	1	
	-	
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,i}$	0,00	
	x	
Caudal médio diário insuflado $V_{ins}$	0,00	m <sup>3</sup> /h
	/	
$R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d$	185,19	m <sup>3</sup> /h
	=	
fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{ve,e}$	1,00	
	x	
	0,34	
	x	
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,i}$	0,54	h <sup>-1</sup>
	x	
Área útil de pavimento $A_p$	131,90	m <sup>2</sup>
	x	
Pé direito médio da fração $P_d$	2,60	m
	=	
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,i}$	62,96	W/°C

**B.2 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO**

	1	
	-	
Rendimento do sistema de recuperação de calor $\eta_{RC,v}$	0,00	
	x	
Caudal médio diário insuflado $V_{ins}$	0,00	m <sup>3</sup> /h
	/	
$R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d$	205,76	m <sup>3</sup> /h
	=	
fator de correção da temperatura para sistemas de recuperação de calor $b_{ve,e}$	1,00	
	x	
	0,34	
	x	
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,v}$	0,60	h <sup>-1</sup>
	x	
Área útil de pavimento $A_p$	131,90	m <sup>2</sup>
	x	
Pé direito médio da fração $P_d$	2,60	m
	=	
Coefficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,v}$	69,96	W/°C

## TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

### B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

	0,34			
	x			
Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,1,REF}$	0,54	$h^{-1}$		
	x			
Área útil de pavimento $A_p$	131,90	$m^2$		
	x			
Pé direito médio da fração $P_d$	2,60	m		
	=			
Coeficiente de transferência de calor por ventilação $H_{ve,1,REF}$	62,96	$W/^{\circ}C$		

Folha de Cálculo C								
GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO								
C.1- GANHOS INTERNOS								
						0,72		
						x		
				Ganhos internos médios $q_{int}$		4	W/m <sup>2</sup>	
						x		
				Duração da estação de aquecimento M		6,16	meses	
						x		
				Área útil de pavimento $A_p$		131,9	m <sup>2</sup>	
						=		
				Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$		2338,49	kWh/ano	
C.2- GANHOS SOLARES								
Designação do envidraçado	Orientação	Fator Solar Inverno $g_i$	Area $A_w$	Fator de Obstrução $F_{s,i}=F_{h,i}.F_{o,i}.F_{f,i}$	Fração Envidraçada $F_g$	Área efetiva coletora $A_{s,i}=A_w.F_{s,i}.F_g.g_i$	Fator de Orientação X	Área Efetiva coletora a Sul $X.A_{s,i}$
		m <sup>2</sup>				m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>
Quarto 1	Oeste	0,68	2,30	0,88	0,70	0,96	0,56	0,54
Quarto 2	Oeste	0,68	2,30	0,88	0,70	0,96	0,56	0,54
Quarto 3	Este	0,68	2,30	0,90	0,70	0,98	0,56	0,55
Quarto 4	Este	0,68	2,31	0,90	0,70	0,98	0,56	0,55
WC	Sul	0,68	0,60	0,90	0,70	0,26	1,00	0,26
Cozinha	Oeste	0,68	1,15	0,63	0,70	0,34	0,56	0,19
Cozinha	Oeste	0,68	2,52	0,63	0,70	0,75	0,56	0,42
Sala	Este	0,68	2,31	0,90	0,70	0,98	0,56	0,55
Sala	Este	0,68	7,35	0,90	0,70	3,13	0,56	1,75
Sala (Max)	Sul	0,68	6,00	0,90	0,70	2,55	1,00	2,55
Quarto (Novo)	Sul	0,68	0,60	0,90	0,70	0,26	1,00	0,26
Quarto (Novo)	Sul	0,68	0,60	0,90	0,70	0,26	1,00	0,26
Em nenhum caso o produto $X_j.F_h.F_o.F_f$ deve ser menor que 0,27; Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto $F_o.F_f$ deve ser inferior ou igual a 0,9 exceto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede							TOTAL	8,40
Designação do envidraçado	Orientação	Fator Solar Inverno $g_i$	Area $A_w$	Fator de Obstrução $F_{s,i}=F_{h,i}.F_{o,i}.F_{f,i}$	Fração Envidraçada $F_g$	Área efetiva coletora $A_{s,i}=A_w.F_{s,i}.F_g.g_i$	Fator de Orientação X	Área Efetiva coletora a Sul $X.A_{s,i}$
		m <sup>2</sup>				m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
No calculo de $g_{i,int}$ e $g_{i,ENU}$ não deverão ser considerados os dispositivos solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, $g_i$ será igual ao fator solar do vidro para uma incidencia solar normal $g_{Tvi}$ , afetado do fator de seletividade angular $F_{w,i}$							TOTAL	0,00
						Área efectiva total equivalente na orientação a Sul	8,4	m <sup>2</sup>
							x	
						Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul $G_{sul}$	130	kWh/m <sup>2</sup> .mês
							x	
						Duração da estação de aquecimento	6,16	meses
							=	
						Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$	6724,53	kWh/ano

C.3- GANHOS TÉRMICOS BRUTOS		
Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$	2338,49	kWh/ano
	+	
Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$	6724,53	kWh/ano
	=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	9063,02	kWh/ano
C.4- GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA		
Radiação média incidente num encidraçado vertical a Sul $G_{sul}$	130,00	kWh/m <sup>2</sup> .mês
	x	
	0,182	
	x	
	0,20	
	x	
Área útil de pavimento $A_p$	131,90	m <sup>2</sup>
	=	
Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$	624,36	kWh/ano
	+	
Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$	2414,20	kWh/ano
	=	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	2962,64	kWh/ano



Folha de Cálculo D

D.1 - GANHOS INTERNOS

Ganhos internos médios  $q_{int}$  4 W/m<sup>2</sup>

x

Duração da estação de arrefecimento  $L_v$  2928 horas

x

Área útil de pavimento  $A_p$  131,90 m<sup>2</sup>

÷

1000

=

Ganhos internos brutos  $Q_{int,v}$  1544,81 kWh/ano

D.2 - GANHOS SOLARES													
VÃOS ENVIDRAÇADOS													
Designação do Envidraçado	Orientação	Área	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada $F_g$	Factor Sel. angular $F_{w,v}$	Fracção Tempo Prot. Móveis activas $F_{m,v}$	FS Global Prot. Moveis e Perm. $g_T$	FS Global Prot. Perm. $g_{Tp}$	FS de Verão $g_v = F_{m,v} \cdot g_T + (1 - F_{m,v}) \cdot g_{Tp}$	Área Efectiva	Factor de Obstrução	Intensidade da Radiação	$I_{sol} \cdot F_{s,v} \cdot A_s$
		$m^2$								$A_{s,v} = A_w \cdot F_g \cdot g_v$	$F_{s,v} = F_{h,v} \cdot F_{o,v} \cdot F_{f,v}$	$I_{sol}$	
Quarto 1	Oeste	2,3	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,45	0,90	490,00	198,09
Quarto 2	Oeste	2,3	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,45	0,90	490,00	198,09
Quarto 3	Este	2,3	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,45	0,90	490,00	198,09
Quarto 4	Este	2,31	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,45	0,90	490,00	198,95
WC	Sul	0,6	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,56	0,25	0,10	0,90	425,00	40,00
Cozinha	Oeste	1,15	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,22	0,90	490,00	99,05
Cozinha	Oeste	2,52	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,49	0,90	490,00	217,04
Sala	Este	2,31	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	0,45	0,90	490,00	198,95
Sala	Este	7,35	Duplo	0,70	0,85	0,60	0,04	0,64	0,28	1,44	0,90	490,00	633,04
Sala (Max)	Sul	6,00	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,56	0,25	1,05	0,90	425,00	400,02
Quarto (N)	Sul	0,60	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,56	0,25	0,10	0,90	425,00	40,00
Quarto(N)	Sul	0,60	Duplo	0,70	0,75	0,60	0,04	0,56	0,25	0,10	0,90	425,00	40,00
												TOTAL	2461,33

Designação do Envidraçado	Orientação	Área	Tipo de Vidro	Fracção Envidraçada $F_g$	Factor Sel. angular $F_{w,v}$	Fracção Tempo Prot. Móveis activas $F_{m,v}$	FS de Verão do vão interior	FS de Verão do vão do ENU	$g_{v,int} \cdot g_{v,ENU}$	Área Efectiva	Factor de Obstrução $F_{s,v} = F_{h,v} \cdot F_{o,v} \cdot F_{f,v}$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_{s,v} \cdot A_s$
		$g_{v,int}$					$g_{v,ENU}$	$A_{s,v} = A_w \cdot F_g \cdot g_{v,int} \cdot g_{v,ENU}$		$m^2$			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que <b>na ausência de outros sombreamentos o factor de obstrução dos vãos</b></i>												TOTAL	0,00
ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA													
PAREDE EXTERIOR			Orientação	Coeficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op}$	Factor de Obstrução $F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$		
												$m^2$	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
			Oeste	Oeste	0,40	22,95	0,40	0,04	0,15	1,00	490,00	71,97	
			Este	Este	0,40	24,14	0,40		0,15	1,00	490,00	75,70	
			Sul	Sul	0,40	70,04	0,40		0,49	1,00	425,00	190,51	
												TOTAL	338,18
COBERTURA EXTERIOR			Orientação	Coeficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op}$	Factor de Obstrução $F_s$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$		
												$m^2$	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
			Cobertura	Horizontal	0,50	85,80	0,35	0,04	0,60	1,00	800,00	480,48	
												TOTAL	480,48

COBERTURA INTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op}$	Factor de Obstrução $F_s$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$
			m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	(m <sup>2</sup> .°C)/W	m <sup>2</sup>		kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh/ano
-	Horizontal	-	-	-	0,04	-	1,00	800,00	-
								TOTAL	0,00
VÃOS OPACOS EXTERIORES	Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op}$	Factor de Obstrução $F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$
			m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> .°C	(m <sup>2</sup> .°C)/W	m <sup>2</sup>		kWh/m <sup>2</sup> .ano	kWh/ano
Porta de entrada	Este	0,50	1,89	0,80	0,04	0,03	0,90	490,00	13,34
								TOTAL	13,34
Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada				2461,33	kWh/ano				
				+					
Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca				832,00	kWh/ano				
				=					
Ganhos Solares brutos $Q_{sol,y}$				3293,33	kWh/ano				

D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS										
						Ganhos internos brutos $Q_{int,v}$	1544,81	kWh/ano		
							+			
						Ganhos solares brutos $Q_{sol,v}$	3293,33	kWh/ano		
							=			
						Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	4838,15	kWh/ano		
D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA										
						Ganhos internos médios $q_{int}$	4	$W/m^2$		
							x			
						Duração da Estação de Arrefecimento $L_v$	2928	horas		
							÷			
							1000			
							+			
						factor solar de verão de referência $g_{v REF}$	0,43			
							x			
						$A_w/A_{p REF}$	0,2			
							x			
						Radiação solar média de referência $I_{sol REF}$	490	$kWh/m^2 \cdot ano$		
							=			
							53,85	$kWh/m^2 \cdot ano$		
							x			
						Área útil de Pavimento $A_p$	131,9	$m^2$		
							=			
						Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v REF}$	7103,08	kWh/ano		

<b>Folha de Cálculo E</b>			
<b>NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO</b>			
<b>E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR</b>			
Coeficiente de transferencia de calor por transmissão $H_{tr}$	305,64	W/°C	
	+		
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i}$	62,96	W/°C	
	=		
Coeficiente de transferrência de calor $H_{t,i}$	368,62	W/°C	
<b>E.2 - TRASNFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO</b>			
	0,024		
	x		
Número de graus-dias de aquecimento GD	1215	°C . dias	
	x		
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	305,65	W/°C	
	=		
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	8911,41	kWh/ano	
<b>E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR</b>			
	0,024		
	x		
Número de graus-dias de aquecimento GD	1215	°C . dias	
	x		
Coeficiente de tranferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i}$	62,96	W/°C	
	=		
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	1835,72	kWh/ano	
<b>E.4 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS</b>			
Inércia do edifício	Forte		
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	9063,02	kWh/ano	
	/		
Trasnferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,i} + Q_{ve,i}$	10747,14	kWh/ano	
	=		
Parametro $\gamma_i$	0,84		
Parametro $a_i$	4,20	W/°C	
Fator de utilização dos ganhos $\eta_i$	0,87		
	x		
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$	9063,02	kWh/ano	
	=		
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i}$	7882,07	kWh/ano	

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO			
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$	8911,41	kWh/ano	
	+		
Trasferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	1835,72	kWh/ano	
	-		
Ganhos de calor útis na estação de aquecimento $Q_{gu,i}$	7882,07	kWh/ano	
	=		
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	2865,07	kWh/ano	
	/		
Área útil de pavimento	131,9	kWh/ano	
	=		
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $Nic$	21,72	kWh/m <sup>2</sup> .ano	

## LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

### E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

Coeficiente de transferencia de calor por transmissão $H_{tr,REF}$	317,3	W/°C
	+	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i,REF}$	62,96	W/°C
	=	
Coeficiente de transferência de calor $H_{t,i,REF}$	380,26	W/°C

### E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1215	°C . dias
	x	
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,REF}$	317,3	W/°C
	=	
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i,REF}$	9250,97	kWh/ano

### E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

	0,024	
	x	
Número de graus-dias de aquecimento GD	1215	°C . dias
	x	
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,i}$	62,96	W/°C
	=	
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	1835,72	kWh/ano

### E.9 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Fator de utilização dos ganhos $\eta_{i,REF}$	0,6	
	x	
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i,REF}$	2962,64	kWh/ano
	=	
Ganhos totais úteis $Q_{gu,i,REF}$	1777,59	kWh/ano



E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO			
Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,iREF}$	9250,97	kWh/ano	
	+		
Trasferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,iREF}$	1835,72	kWh/ano	
	-		
Ganhos de calor útis na estação de aquecimento $Q_{gu,iREF}$	1777,59	kWh/ano	
	=		
Necessidades Anuais na estação de aquecimento	9309,1	kWh/ano	
	/		
Área útil de pavimento $A_p$	131,9	kWh/ano	
	=		
Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento $N_i$	70,58	kWh/m <sup>2</sup> .ano	

<b>Folha de Cálculo F</b>			
<b>NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO</b>			
<b>F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR</b>			
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	290,12	W/°C	
	+		
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,v}$	69,96	W/°C	
	=		
Coeficiente de transferência de calor $H_{t,v}$	360,08	W/°C	
<b>F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO</b>			
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	290,12	W/°C	
	x		
$(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext})$	4	°C	
	x		
Duração da estação de arrefecimento $L_v$	2928	horas	
	/		
	1000		
	=		
Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento $Q_{tr,v}$	3482,79	kWh/ano	
<b>F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR</b>			
Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar $H_{ve,v}$	69,96	W/°C	
	x		
$(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext})$	4	°C	
	x		
Duração da estação de arrefecimento $L_v$	2928	horas	
	/		
	1000		
	=		
Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,i}$	839,85	kWh/ano	
<b>F.4 - FATOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS</b>			
Inércia do edifício	Forte		
Ganhos térmicos brutos $Q_{g,v}$	4838,15	kWh/ano	
	/		
Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,v} + Q_{ve,v}$	4322,65	kWh/ano	
	=		
Parametro $\gamma_v$	1,12		
Parametro $a_v$	4,20	W/°C	
Fator de utilização dos ganhos $\eta_v$	0,76		



Folha de Cálculo G								
NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA								
G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO								
SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{ic}$	$f_i$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_i$	Factor de Conversão $F_{pui}$	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} / \eta_i \cdot A_p$	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{ic} \cdot F_{pui} / \eta_i$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano				kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Caldeira a Gás	Gás Natural		1,00		0,89	1	3219,18	24,41
Sistema por defeito	Electricidade	21,72	0,00	1	1	2,5	0,00	0,00
						TOTAL	3219,18	24,41
G2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO								
SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $N_{vc}$	$f_v$	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_v$	Factor de Conversão $F_{puv}$	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot \delta \cdot N_{vc} / \eta_v \cdot A_p$	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot \delta \cdot N_{vc} \cdot F_{puv} / \eta_v$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano				kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema de Referência	Electricidade		1,00		3,00	2,5	387,56	7,35
Sistema por defeito	Electricidade	8,81	0,00	1	3	2,5	0,00	0,00
						TOTAL	387,56	7,35

**G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS**

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS								
CONSUMO DE AQS				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS				
			40				consumo médio diário de referência $M_{AQS}$	180 l
			x					x
	nº convencional de ocupantes de cada fracção n		5	ocupantes				4187
			x					x
	factor de eficiência hídrica		0,9				aumento de temperatura $\Delta T$	35 °C
			=					x
	consumo médio diário de referência $MAQS$		180 l				nº de dias de consumo	365 dias
								÷
								3600000
								÷
							$A_p$	131,9 m <sup>2</sup>
								=
							Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_a/A_p$	20,28 kWh/m <sup>2</sup> .ano
SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil $Q_a/A_p$	fa	$\delta$	Eficiência Nominal $\eta_a$	Factor de Conversão $F_{pua}$	Necessidades de Energia Final $f.\delta.Q_a/\eta_a$	Necessidades de Energia primária $f.\delta.Q_a/A_p.F_{pua}/\eta_a$
		kWh/m <sup>2</sup> .ano				kWh <sub>EP</sub> /kWh	kWh/ano	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Caldeira a Gás	Gás Natural	20,28	0,39	1	0,89	1	1176,91	8,92
Painel Solar Térmico	Renovável Térmica		0,61		1,00	1	1627,00	12,34
Sistema por defeito	Gás Natural		0,00		0,89	1	0,00	0,00
						TOTAL	2803,91	21,26

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA				
Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica $W_{vm}$			0	kWh/ano
			÷	
	Área útil de Pavimento $A_p$		131,9	m <sup>2</sup>
			x	
	Factor de Conversão $F_{pu}$		2,5	kWh <sub>EP</sub> /kWh
			=	
	Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação		0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL				
SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	$E_{ren}/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	Factor de Conversão $F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pu}$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Painél Solar Térmico	Renovável térmica	12,34	1	12,34
			TOTAL	12,34

G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA						
				Energia primária para aquecimento	24,41	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					+	
				Energia primária para arrefecimento	7,35	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					+	
				Energia primária para a preparação de AQS	21,26	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					+	
				Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica	0,00	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					-	
				Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável	12,34	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
					=	
				Necessidades nominais anuais globais de energia primária N <sub>tc</sub>	40,68	kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano

**LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA**

**G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA**

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_i$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_i$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i REF}$	Factor de Conversão $F_{pui}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f \cdot N_i \cdot F_{pui} / \eta_i$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Caldeira a Gás	Gás Natural	70,58	1,00	0,89	1	79,30
Sistema por defeito	Electricidade		0,00	1	2,5	0,00
<b>TOTAL</b>						<b>79,30</b>

**G. 8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA**

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil $N_v$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_v$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v REF}$	Factor de Conversão $F_{puv}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot N_v \cdot F_{puv} / \eta_v$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema de referência	Electricidade	9,13	1,00	3	2,5	7,61
Sistema por defeito	Electricidade		0,00	0	2,5	0,00
<b>TOTAL</b>						<b>7,61</b>





**G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA**

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA								
CONSUMO DE AQS				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS				
			40			consumo médio diário de referência $M_{AQS}$	200	l
			x				x	
	nº convencional de ocupantes de cada fracção n		5	ocupantes			4187	
			x				x	
	factor de eficiência hídrica		1			aumento de temperatura $\Delta T$	35	°C
			=				x	
	consumo médio diário de referência MAQS		200	l		nº de dias de consumo	365	dias
							÷	
							3600000	
							÷	
							$A_p$	131,9 m <sup>2</sup>
							=	
						Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS $Q_a/A_p$	22,53	kWh/m <sup>2</sup> .ano

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_a/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	$f_a$	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a REF}$	Factor de Conversão $F_{pua}$ kWh <sub>EP</sub> /kWh	Limite das Necessidades de Energia primária $f \cdot \delta \cdot Q_a/A_p \cdot F_{pua}/\eta_a$ kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Caldeira a Gás	Gás Natural	22,53	1,00	0,89	1	25,31
Sistema por defeito	Gás Natural	22,53	0,00	0,89	1	0,00
<b>TOTAL</b>						25,31

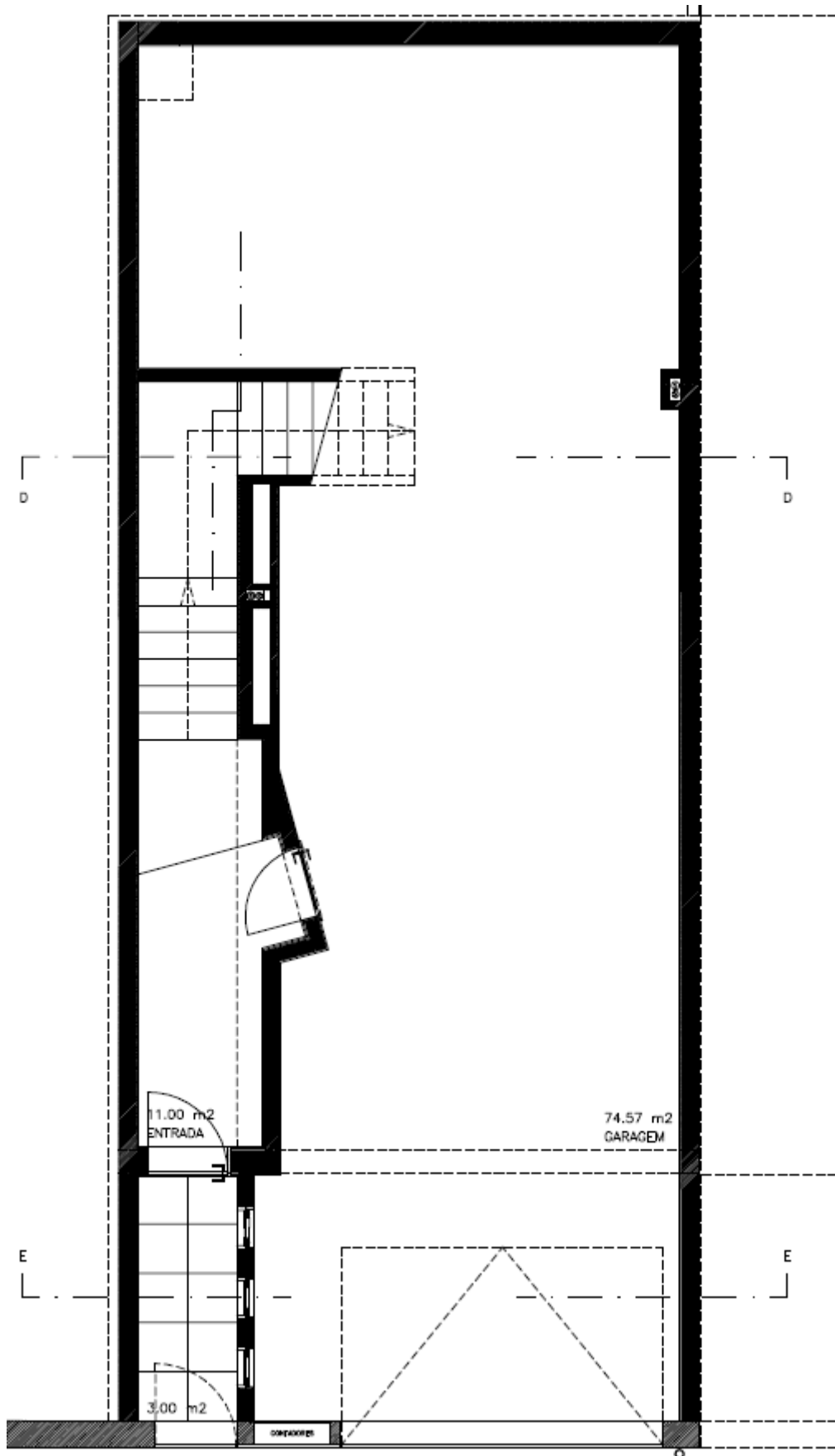
G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA						
		<i>Energia primária para aquecimento</i>	79,30		<i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>	
			+			
		<i>Energia primária para arrefecimento</i>	7,61		<i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>	
			+			
		<i>Energia primária para a preparação de AQS</i>	25,31		<i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>	
			=			
		<i>Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N<sub>t</sub></i>	112,22		<i>kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.ano</i>	

**Síntese**

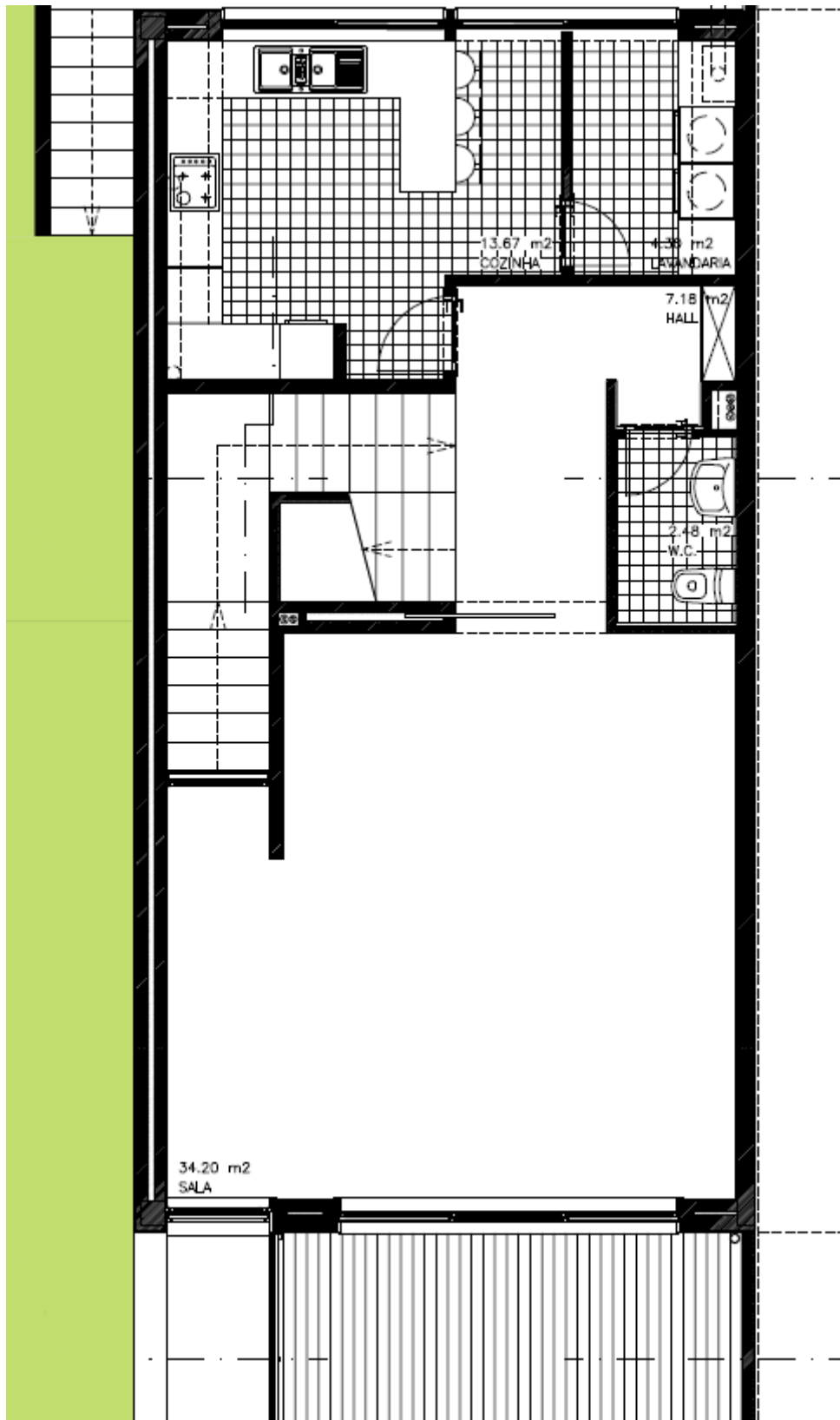
	Ap (m <sup>2</sup> )	131,9	
	Pd (m)	2,60	
	Aenv (m <sup>2</sup> )	30,34	
Classe de Inércia Térmica do Edifício		Forte	
		<b>Cálculo</b>	<b>Referência</b>
	Aenv/Ap	23%	20%
A - Transmissão	Hext (W/°C)	241,9	231,7
	Hint (W/°C)	55,0	69,9
	Hecc (W/°C)	9	16
	Htr (W/°C)	290,1	286,2
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,54	0,54
	Hve,i (W/°C)	63,0	63,0
	Rph,v (h-1)	0,60	-
	Hve,v (W/°C)	70,0	-
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	2338	2338
	Qsol,i (kWh/ano)	6725	624
	Qg,i (kWh/ano)	9063	2963
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	1545	-
	Qsol,v (kWh/ano)	3293	-
	Qg,v (kWh/ano)	4838	7103
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	8911	9251
	Qve,i (kWh/ano)	1836	1836
	ηi	0,87	0,60
	Qgu,i (kWh/ano)	7882	1778
	Nic (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	21,72	71
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	3483	-
	Qve,v (kWh/ano)	840	-
	ηv	0,76	0,83
	Qg,v (kWh/ano)	4838	7103
	Nvc (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	8,81	9
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	24,41	79,30
	Arrefecimento (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	7,35	7,61
	feh	0,90	1,00
	Qa/Ap (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	20,28	22,53
	AQS (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	21,26	25,31
	Vent. Mecânica (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	0,00	0
	Eren (kWh/ano)	1627	0
	Renovável (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	12,34	0
	Global (kWhEP/m <sup>2</sup> .ano)	<b>40,67</b>	<b>112,22</b>
	<b>CLASSE ENERGÉTICA</b>	<b>Ntc/Nt</b>	<b>0,36</b>

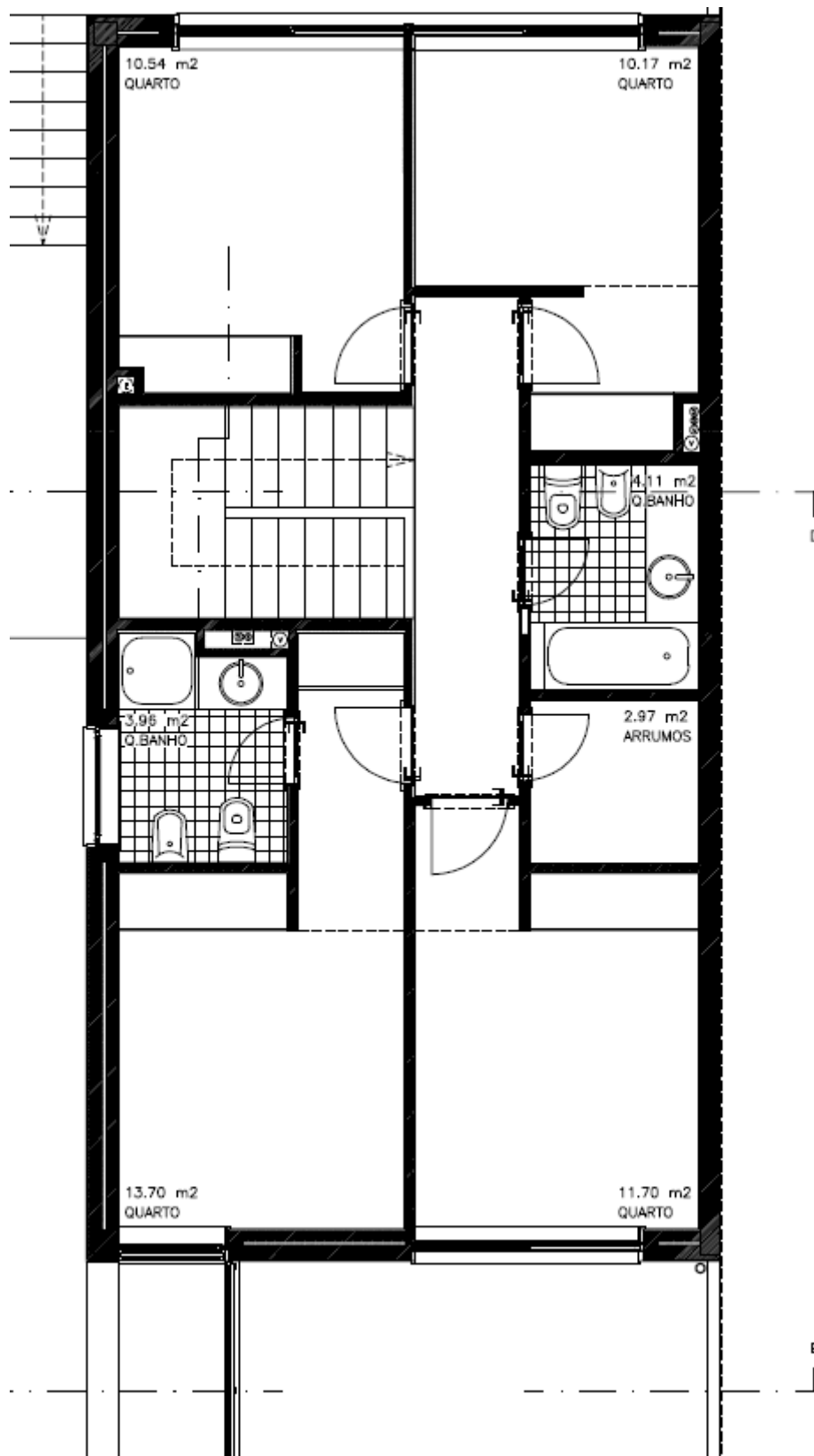
# Anexo I

## Plantas da habitação



Anexo I – Plantas da habitação - Cave







# Anexo J

## Planta de Loteamento

